

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΜΑΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«Από τον μαγνητισμό και τον ηλεκτρισμό στον Ηλεκτρομαγνητισμό: Πορείες
μάθησης στην Στ' Δημοτικού»

ΚΟΥΤΣΙΑΡΗ ΝΙΚΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:

κ. ΑΣΗΜΟΠΟΥΛΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

κ. ΠΟΛΙΤΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

κ. ΧΑΝΙΩΤΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΒΟΛΟΣ,

2019

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	7
2.1. Ιστορική Ανασκόπηση	7
2.2. Επιστημονική γνώση γύρω από έννοιες του ηλεκτρισμού, του μαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού	9
2.2.1. Ηλεκτρισμός.....	9
2.2.2. Μαγνητισμός.....	13
2.2.3. Ηλεκτρομαγνητισμός.....	15
2.3. Εναλλακτικές ιδέες των παιδιών	19
2.4. Επιστημονικές έρευνες σχετικές με την διδασκαλία του ηλεκτρισμού, του μαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού	21
2.5. Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών – Σχολική γνώση.....	25
3. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	33
3.1. Σκοπός της έρευνας.....	33
3.2. Δείγμα.....	34
3.3. Περιβάλλον και Υλικά	34
3.4. Σχεδιασμός.....	34
3.5. Συλλογή Δεδομένων.....	41
4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	43
4.1. Εισαγωγή	43
4.2. Κατηγορίες Ανάλυσης.....	44
4.3. Περιγραφή μαθησιακής πορείας	46
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	64
5.1. Τελικά Συμπεράσματα.....	66
5.2. Περιορισμοί της έρευνας	67
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	68
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	72

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αν και ο ηλεκτρισμός, ο μαγνητισμός και ο ηλεκτρομαγνητισμός είναι βασικά φαινόμενα των Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών της Φυσικής του Δημοτικού Σχολείου σε πολλές χώρες, έχει διεξαχθεί μια μικρή έρευνα γύρω από την κατανόηση των μαθητών για τις έννοιες που περιλαμβάνουν.

Για το λόγο αυτό, σχεδιάστηκαν μια σειρά από διδακτικά επεισόδια προκειμένου να μελετηθούν οι πορείες μάθησης μιας τετραμελούς ομάδας της Στ' Δημοτικού. Η σειρά ενασχόλησης με τα φαινόμενα που εξετάζουμε άρχισε από τον μαγνητισμό και μετέπειτα οι μαθητές πέρασαν στον ηλεκτρισμό με τελικό προορισμό τον ηλεκτρομαγνητισμό. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για το σχεδιασμό της έρευνας είναι το διδακτικό πείραμα, ενώ αφετηρία κάθε διδακτικού επεισοδίου αποτέλεσαν οι εναλλακτικές ιδέες που έχουν αναπτύξει οι μαθητές σχετικά με τις υπό μελέτη έννοιες, όπως αυτές αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Η συλλογή των δεδομένων έγινε κυρίως με ηχογράφηση των επεισοδίων, ενώ η ανάλυσή τους προέκυψε τόσο κατά τη διάρκεια όσο και στο τέλος της ερευνητικής διαδικασίας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ενώ οι μαθητές αναπτύσσουν ιδέες μη συμβατές επιστημονικά, η συγκεκριμένη μαθησιακή ακολουθία που εφαρμόστηκε οδήγησε σε αποτελεσματικότερη κατανόηση των φαινομένων που μελετάμε και κυρίως του ηλεκτρομαγνητισμού.

Λέξεις κλειδιά: φυσικές επιστήμες, πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ηλεκτρομαγνητισμός, εναλλακτικές ιδέες, μαθησιακή πορεία

ABSTRACT

Although electricity, magnetism and electromagnetism are key phenomena of elementary school Physics Curriculum in many countries, a little research has been carried out on students' understanding of the concepts they include.

For this reason, a series of episodes was designed to study the learning paths of a four-member group of the sixth grade of Primary School. The engagement with phenomena we are examining began from magnetism and later the students were passing on electricity with the ultimate destination of electromagnetism. The method used to design the research is the teaching experiment, and the starting point of each teaching episode was the alternative ideas developed by the students, as mentioned in the bibliography. The data collection was mainly made by recording the episodes, and their analysis emerged both during and at the end of the research process. The results indicate that while students develop ideas that are scientifically incompatible, this particular learning sequence has led to a more effective understanding of the phenomena we are studying, and especially of electromagnetism.

Key words: natural sciences, primary education, electromagnetism, alternative ideas, learning path

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ασημόπουλο Στέφανο, Επίκουρο Καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, γιατί η εμπιστοσύνη που μου έδειξε, η βοήθεια και η καθοδήγησή του υπήρξαν πολύτιμες, ώστε να συνεχίσω αυτή μου την προσπάθεια.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Πολίτη Παναγιώτη, Αναπληρωτή Καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, για την υποστήριξη και την συμβολή του στην πραγματοποίηση αυτής της εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Χανιωτάκη Νικόλαο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, για την άψογη συνεργασία καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Δώσσα Απόστολο, διευθυντή του 23^{ου} Δημοτικού Σχολείου Βόλου, που δέχτηκε να συνεργαστεί μαζί μου, αλλά και τους μαθητές της Στ' τάξης που με βοήθησαν στην υλοποίηση της έρευνας μου και αποτέλεσαν τα υποκείμενά της.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα σημαντικό ποσοστό της επιστημονικής εκπαιδευτικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε τα τελευταία 30 χρόνια, έχει επικεντρωθεί στον εντοπισμό και καταγραφή των ιδεών που αναπτύσσουν οι μαθητές προτού διδαχθούν για ένα θέμα, ή ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας, οι οποίες διαφέρουν από τις επιστημονικά αποδεκτές (Saglam & Millar, 2006). Η κατεύθυνση αυτή της επιστημονικής έρευνας οφείλεται στην εμφάνιση του εποικοδομισμού, ο οποίος θεωρεί ότι καθήκον του μαθητή είναι να κατασκευάζει νόημα από τα ποικίλα ερεθίσματα που δέχεται από την καθημερινή ζωή ή μέσω της επίσημης διδασκαλίας. Από αυτήν την άποψη, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε και να λαμβάνουμε υπόψη τα νοήματα που οι μαθητές κατασκευάζουν πριν ή ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας.

Από την άλλη, πολλοί ερευνητές και ειδικοί των Φυσικών Επιστημών θεωρούν ότι αυτές οι «ασυμβατότητες» μεταξύ των επιστημονικών ιδεών αλλά και των ιδεών και νοημάτων που κατασκευάζουν οι μαθητές, ίσως προκαλέσουν πολλές από τις δυσκολίες που έχουν οι μαθητές στην εκμάθηση κάποιων θεμάτων (Castells et al., 2016). Γίνεται κατανοητό, λοιπόν, πως η ανάγκη για εννοιολογική αλλαγή κρίνεται επιτακτική παρότι σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να μην είναι εύκολη. Η Βοσνιάδου (1994), ξεχώρισε δύο τρόπους με τους οποίους μπορεί να επιτευχθεί η εννοιολογική αλλαγή, τον εμπλουτισμό, που αφορά την προσθήκη πληροφοριών σε ήδη υπάρχουσες νοητικές κατασκευές και την αναθεώρηση που αφορά την αλλαγή των αντιλήψεων και των πεποιθήσεων του ατόμου, ενώ η Carey (2000) διέκρινε την διαφοροποίηση μιας ιδέας σε δύο ή περισσότερες ιδέες, την συνένωση ή την ενσωμάτωση δύο ή περισσότερων ιδεών σε μία καινούρια ιδέα και την επαναξιολόγηση των ιδεών.

Ωστόσο, ενώ για κάποια θέματα όπως η μηχανική ή τα ηλεκτρικά κυκλώματα έχουν διεξαχθεί πολλές έρευνες και έχουν μελετηθεί σε βάθος (βλ. Pfundt & Duit, 1999), λίγες έρευνες έχουν δημοσιευτεί όσον αφορά την κατανόηση των μαθητών ως προς τις βασικές έννοιες του ηλεκτρομαγνητισμού (Bagno & Eylon 1997, Galili 1995, Guisasola et al. 2007, Saglam & Millar 2006), παρόλο που αποτελεί βασικό κεφάλαιο των Αναλυτικών Προγραμμάτων των Φυσικών Επιστημών σε πολλές χώρες. Ακόμα, το πεδίο εφαρμογής αυτών των ερευνών είναι κυρίως ο χώρος της Δευτεροβάθμιας και Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης, ενώ η Πρωτοβάθμια φαίνεται να υπολείπεται αρκετά σε αυτό το θέμα. Από την άλλη, αξίζει να αναφέρουμε ότι έχουν γίνει προσπάθειες ερευνών τόσο στο δημοτικό σχολείο σε έννοιες όπως ο μαγνητισμός, ο δυναμικός και ο στατικός ηλεκτρισμός (Bailey et al. 1987, Bar et al. 1997, Fedele et al. 2005, Haupt 1952, Intyre 1974), όσο και στο νηπιαγωγείο (Christidou et al. 2009, Ravanis 1994).

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.1. Ιστορική Ανασκόπηση

Η θεωρία του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου είναι πραγματικά το αποτέλεσμα της ένωσης τριών ξεχωριστών επιστημών. Η πιο παλιά από αυτές είναι η ηλεκτροστατική, η οποία μελετήθηκε πρώτα από τους Έλληνες. Πιο συγκεκριμένα, το 600 π.Χ. ο Θαλής ο Μιλήσιος παρατήρησε ότι κομμάτι ήλεκτρου που τρίβεται σε ξηρό ύφασμα αποκτά την ιδιότητα να έλκει μικρά κομμάτια άχυρο. Από το υλικό αυτό, δηλαδή το ήλεκτρον, πήρε το όνομά της η επιστήμη του «ηλεκτρισμού». Ήταν το 1785 όταν ένας Γάλλος φυσικός, ο Charles Augustin de Coulomb (1736 – 1806), έδειξε ότι τα ηλεκτρικά φορτισμένα σώματα μερικές φορές έλκουν και μερικές φορές απωθούν το ένα το άλλο. Αυτή ήταν η πρώτη ένδειξη ότι υπήρχαν δύο είδη φορτίου – το θετικό και το αρνητικό.

Στα τέλη του 1700, δύο Ιταλοί εργάζονταν πάνω στη νέα επιστήμη του δυναμικού ηλεκτρισμού. Ο πρώτος, ο Luigi Galvani (1737 – 1798), ήταν ένας φυσιολόγος και φυσικός, ο οποίος πίστευε ότι οι ιστοί των ζώων παράγουν ηλεκτρισμό. Αν και αργότερα διαψεύστηκε, τα πειράματά του διέγειραν τον Count Alessandro Volta (1745 – 1827) να εφεύρει την πρώτη ηλεκτρική μπαταρία το 1800. Τα περισσότερα από τα πρώτα πειράματα σχετικά με τον δυναμικό ηλεκτρισμό γίνονταν πάνω σε πόδια βατράχου – αυτό ήταν συνέπεια της δουλειάς του Galvani (Sibley, 1996).

Από την αντίπερα όχθη, η επιστήμη του μαγνητισμού άρχισε από την παρατήρηση ότι ένα ορισμένο είδος πετρώματος, ο μαγνητίτης, έλκει μικρά κομμάτια σιδήρου. Το πέτρωμα αυτό ανακαλύφθηκε από τους αρχαίους Έλληνες πριν από 2000 και πλέον χρόνια στην περιοχή Μαγνησία της Μικράς Ασίας και από εκεί προέρχεται και ο όρος «μαγνητισμός». Τον 12^ο αιώνα οι Κινέζοι χρησιμοποίησαν για πρώτη φορά τους μαγνήτες για την κατασκευή πυξίδων, που αποτέλεσαν σημαντικό βοήθημα για την ναυσιπλοΐα. Λίγο αργότερα τον 16^ο αιώνα ο William Gilbert (1544 - 1603) κατασκεύασε τεχνητούς μαγνήτες τρίβοντας κομμάτια σιδήρου πάνω σε μαγνήτη. Ισχυρίστηκε ακόμα ότι η πυξίδα προσανατολίζεται πάντα κατά τον άξονα Βορρά – Νότου επειδή η ίδια η Γη έχει μαγνητικές ιδιότητες.

Ο μαγνητισμός ίσως θα είχε θαφτεί αν δεν ήταν ο Δανός φυσικός Hans Christian Oersted (1777 – 1851). Ο Oersted έπιδειξε σε μια ομάδα μαθητών ότι ένα καλώδιο που κουβαλάει ρεύμα παράγει μαγνητικό πεδίο. Αυτό ήταν το πρώτο σημάδι ότι ο ηλεκτρισμός και ο μαγνητισμός μπορεί να αλληλοσυνδέονται. Αυτή η σύνδεση ενδυναμώθηκε το 1831 από το

έργο του Βρετανού πειραματιστή Michael Faraday (1791 – 1867), ο οποίος έδειξε ότι ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο μπορούσε να επαγάγει ρεύμα μέσα σε ένα καλώδιο. Ο Faraday πέτυχε να κάνει τον πρώτο ηλεκτρικό μετασχηματιστή, ανακαλύπτοντας το φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής και την πρώτη ηλεκτρογεννήτρια.

Ωστόσο, παράλληλα με τον Faraday αλλά ανεξάρτητα από αυτόν εργαζόταν ο Αμερικάνος φυσικός Joseph Henry (1797 - 1878), ο οποίος γνώριζε το φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, αλλά δεν είχε αντιληφθεί την τεράστια σημασία του. Ο Henry διατύπωσε με μαθηματικές εξισώσεις τη σχέση μεταξύ της μεταβολής του μαγνητικού πεδίου και του ηλεκτρισμού, εισήγαγε την έννοια της αυτεπαγωγής και κατάφερε να κατασκευάσει έναν ισχυρότερο ηλεκτρομαγνήτη.

Ο Faraday επηρέασε σε μεγάλο βαθμό μεταγενέστερους ερευνητές, και ήταν στα μέσα του 1800 όταν ο Βρετανός φυσικός James Clerk Maxwell (1831 – 1879) τυποποίησε τα αποτελέσματα του Faraday χρησιμοποιώντας μαθηματικά. Ανάμεσα σε αυτά που κατάφερε ο Maxwell, ήταν και να προβλέψει την ύπαρξη ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Αυτή η δουλειά ενέπνευσε άλλους στον τομέα αυτό, όπως ο Oliver Heaviside (1850 – 1925), ο οποίος εργάστηκε πάνω στο πρώτο διατλαντικό καλώδιο τηλεγράφου, όπως επίσης στην πρόβλεψη της ύπαρξης της ιονόσφαιρας (Sibley, 1996).

Μετά από αυτές τις πρώτες ανακαλύψεις, πολλοί ερευνητές ασχολήθηκαν με αυτούς τους κλάδους και έβαλαν το λιθαράκι τους στην ανάπτυξή τους. Εξαιτίας του έργου του Γερμανού φυσικού Heinrich Rudolf Hertz (1857 – 1894), για παράδειγμα, και του Ιταλού μηχανικού Guglielmo Marconi (1874 – 1937), είμαστε ικανοί να επικοινωνούμε σε απέραντες αποστάσεις. Μπορούμε ακόμα να χρησιμοποιούμε ηλεκτρικά μηχανήματα για να κάνουμε τις ζωές μας πιο άνετες. Στην πραγματικότητα, χρωστάμε τον τωρινό τρόπο ζωής μας στην σκληρή δουλειά ενός αριθμού ερευνητών που συνεχώς αμφισβητούσαν και πειραματίζονταν, καταγράφοντας προσεκτικά τα αποτελέσματα και τις παρατηρήσεις τους.

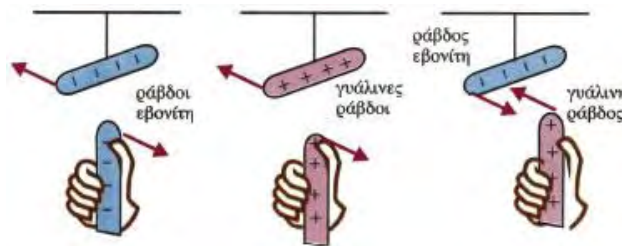
2.2. Επιστημονική γνώση γύρω από έννοιες του ηλεκτρισμού, του μαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού

2.2.1. Ηλεκτρισμός

Ηλεκτρικό φορτίο

Αν τρίψουμε μια γυάλινη ράβδο με ένα μεταξωτό ύφασμα, θα παρατηρήσουμε ότι τα δύο σώματα αρχίζουν να έλκονται μεταξύ τους. Αν τώρα τρίψουμε μια δεύτερη γυάλινη ράβδο με τον ίδιο τρόπο και την πλησιάσουμε στην πρώτη, τότε θα παρατηρήσουμε ότι οι δύο ράβδοι απωθούνται. Από την άλλη, αν τρίψουμε μια ράβδο από εβονίτη με γούνα θα διαπιστώσουμε ότι έλκει την γυάλινη ράβδο. Αλλά δύο ράβδοι από εβονίτη αν τριφτούν με γούνα απωθούνται. Αυτό συμβαίνει διότι όταν δύο διαφορετικά σώματα τρίβονται μεταξύ τους, αποκτούν ετερόνυμα ηλεκτρικά φορτία.

Ο πρώτος που πειραματίστηκε με την τριβή διαφόρων σωμάτων ήταν ο Benjamin Franklin (1709 – 1790). Ο Franklin διαπίστωσε ότι υπάρχουν μόνο δύο είδη φορτίων, τα θετικά και τα αρνητικά. Ονόμασε θετικά τα φορτία που εμφανίζονται πάνω στο γυαλί και αρνητικά εκείνα που εμφανίζονται πάνω στον εβονίτη, με τις ονομασίες αυτές να έχουν επικρατήσει μέχρι και σήμερα. Ακόμη, συμπέρανε ότι τα ομώνυμα φορτία απωθούνται, ενώ αντίθετα, τα ετερόνυμα έλκονται.



Εικόνα 1: Τα ομώνυμα φορτία απωθούνται, ενώ τα ετερόνυμα έλκονται.

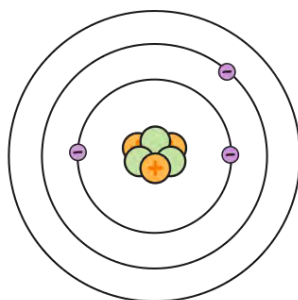
Τα ηλεκτρικά φαινόμενα δεν περιορίζονται ωστόσο μόνο στο γυαλί και στον εβονίτη. Κάτω από κατάλληλες συνθήκες, οποιαδήποτε ουσία όταν τριφτεί με οποιαδήποτε άλλη, θα φορτιστεί μέχρι ενός σημείου. Συγκρίνοντας ένα άγνωστο φορτίο με εκείνο της γυάλινης ράβδου ή της ράβδου από εβονίτη μπορούμε να το προσδιορίσουμε (Halliday & Resnick, 2014). Έτσι, τα σώματα που εμφανίζουν όμοια συμπεριφορά με την ηλεκτρισμένη ράβδο

γυαλιού ονομάζονται θετικά ηλεκτρισμένα και εκείνα που εμφανίζουν συμπεριφορά όμοια με την ηλεκτρισμένη ράβδο εβονίτη ονομάζονται αρνητικά ηλεκτρισμένα.

Φορτίο και Ύλη

Η ύλη, όταν εξετάζεται με στοιχειώδη τρόπο, μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από τρία είδη στοιχειωδών σωματίων, το πρωτόνιο, το νετρόνιο και το ηλεκτρόνιο. Εξηγήσαμε παραπάνω ότι υπάρχουν μόνο δύο είδη φορτίου, το θετικό και το αρνητικό. Τα πρωτόνια αποτελούν τα θετικώς φορτισμένα σωματία της ύλης, ενώ τα ηλεκτρόνια αποτελούν τα αρνητικώς φορτισμένα σωματία. Τα νετρόνια θεωρούνται ουδέτερα σωματία καθώς δεν έχουν ηλεκτρικό φορτίο. Ανάμεσα στα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια δημιουργείται μια ελκτική δύναμη που έχει ως αποτέλεσμα την ένωση των σωματίων αυτών και τον σχηματισμό ασύλληπτα μικρών μονάδων που ονομάζονται άτομα.

Το κάθε άτομο αποτελείται από έναν θετικά φορτισμένο πυρήνα, ο οποίος περιβάλλεται σε σχετικά μεγάλη απόσταση από αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια όλων των ατόμων είναι πανομοιότυπα, με την ίδια μάζα και την ίδια ποσότητα αρνητικού φορτίου. Στον πυρήνα συναντάμε τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια. Τα πρωτόνια έχουν μάζα σχεδόν 1800 φορές μεγαλύτερη από αυτή των ηλεκτρονίων, αλλά φέρουν ισόποσο θετικό φορτίο με το αρνητικό των ηλεκτρονίων. Τα άτομα συνήθως έχουν ίσο αριθμό πρωτονίων και ηλεκτρονίων και επομένως έχουν μηδενικό ολικό φορτίο (Hewitt, 2011). Γι' αυτό το λόγο θεωρούνται ηλεκτρικά ουδέτερα.



Εικόνα 2: Μοντέλο του ατόμου του Bohr. Ο αριθμός των πρωτονίων και των ηλεκτρονίων είναι ίσος.

Αυτή η ισορροπία, βέβαια, μπορεί να διαταραχθεί αν ένα ηλεκτρόνιο απομακρυνθεί από το άτομο στο οποίο ανήκει. Τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται πλησιέστερα στον πυρήνα, τα εσώτατα ηλεκτρόνια, συνδέονται πολύ ισχυρά με τον αντίθετα φορτισμένο πυρήνα, ενώ τα πιο απομακρυσμένα ηλεκτρόνια, τα εξωτερικά, συνδέονται πολύ χαλαρά και μπορούν να

αποσπαστούν εύκολα. Στην περίπτωση, λοιπόν, που αποσπαστεί ένα ηλεκτρόνιο από το άτομο, τα πρωτόνια είναι περισσότερα από τα ηλεκτρόνια κατά ένα, οπότε λέμε ότι το άτομο είναι θετικά φορτισμένο. Ένα φορτισμένο άτομο ονομάζεται ιόν, επομένως ένα θετικό ιόν έχει καθαρό θετικό φορτίο. Ωστόσο, το αποσπασμένο ηλεκτρόνιο αποτελεί ένα ελεύθερο αρνητικό φορτίο. Με την πάροδο του χρόνου ενδέχεται να ενωθεί με ένα θετικό ιόν, οπότε και να αποκατασταθεί η ουδετερότητα αυτού του ατόμου ή να ενωθεί με ένα ουδέτερο άτομο και να το μεταβάλλει έτσι σε αρνητικό ιόν, αφού το άτομο θα έχει πλέον ένα επιπλέον ηλεκτρόνιο.

Νόμος του Coulomb

Ο Charles Augustin de Coulomb (1736 – 1806) μέτρησε πρώτος, το 1785, ηλεκτρικές έλξεις και απώσεις και εφεύρε τον νόμο από τον οποίο προσδιορίζονται τα μέτρα τους. Χρησιμοποιώντας ένα ζυγό στρέψεως κατάφερε να αποδείξει ότι αν έχουμε δύο φορτισμένα αντικείμενα, με διαστάσεις πολύ μικρότερες από την μεταξύ τους απόσταση, τότε ασκείται σε αυτά μία δύναμη που είναι ανάλογη προς το γινόμενο των φορτίων τους και αντιστρόφως ανάλογη προς το τετράγωνο της απόστασής τους. Η δύναμη ασκείται κατά μήκος της ευθείας γραμμής που συνδέει τα δύο φορτισμένα αντικείμενα.

Η σημασία του νόμου του Coulomb επεκτείνεται πολύ πέρα από την περιγραφή και υπολογισμό των δυνάμεων ανάμεσα σε φορτισμένες σφαίρες. Ο νόμος αυτός εξηγεί α) τις ηλεκτρικές δυνάμεις που συγκρατούν τα ηλεκτρόνια του ατόμου κοντά στον πυρήνα, β) τις δυνάμεις που συγκρατούν τα άτομα μεταξύ τους για να σχηματιστούν μόρια και γ) τις δυνάμεις που συγκρατούν τα άτομα ή τα μόρια μεταξύ τους για να σχηματιστούν υγρά ή στερεά (Halliday & Resnick, 2014).

Φόρτιση

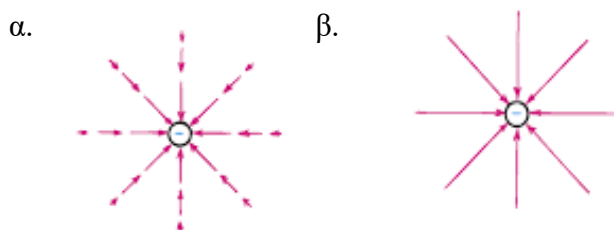
Η φόρτιση ενός αντικειμένου γίνεται με μεταφορά ηλεκτρονίων από κάποιο σημείο σε κάποιο άλλο. Αυτό μπορεί να συμβεί με φυσική επαφή, όπως γίνεται όταν δύο σώματα τρίβονται το ένα πάνω στο άλλο ή απλώς όταν εφάπτονται μεταξύ τους. Ένας άλλος τρόπος είναι να ανακατανεύσουμε το φορτίο σε ένα αντικείμενο τοποθετώντας σε κοντινή απόσταση ένα φορτισμένο σώμα – αυτή η μέθοδος φόρτισης ονομάζεται επαγωγή (Hewitt, 2011).

Το ηλεκτρικό πεδίο

Γνωρίζουμε ήδη ότι γύρω από οποιαδήποτε μάζα υπάρχει ένα βαρυτικό πεδίο και αν κάποια άλλη μάζα βρεθεί στην ίδια περιοχή με αυτή, τότε θα ασκηθεί πάνω της μια δύναμη,

που ονομάζεται βαρυτική. Με τον ίδιο τρόπο, γύρω από οποιοδήποτε ηλεκτρικά φορτισμένο σώμα υπάρχει ένα ηλεκτρικό πεδίο – ένα είδος «αύρας» που εκτείνεται στον χώρο.

Αν φορτίσουμε θετικά ένα σημειακό δοκιμαστικό φορτίο και το τοποθετήσουμε σε οποιοδήποτε σημείο κοντά σε άλλα ηλεκτρικά φορτία, τότε θα ασκηθεί πάνω του μια δύναμη F . Με βάση αυτή τη διάταξη μπορούμε να εξερευνήσουμε κάθε σημείο στο χώρο και να προσδιορίσουμε την αντίστοιχη ηλεκτρική δύναμη ως προς το μέγεθος και τη φορά της. Αναπαριστώντας με διανύσματα την ηλεκτρική δύναμη γύρω από μια θετικά φορτισμένη σφαίρα, παρατηρούμε ότι θα έπρεπε να υπάρχουν άπειρα τέτοια διανύσματα στο χώρο γύρω από τη σφαίρα, ενώ από την άλλη γίνονται αμελητέα σε μεγάλη απόσταση από αυτή.



Εικόνα 3: Αναπαραστάσεις του ηλεκτρικού πεδίου γύρω από ένα αρνητικό φορτίο. α) Διανυσματική αναπαράσταση. β) Αναπαράσταση μέσω δυναμικών γραμμών.

Βλέπουμε, λοιπόν, ότι τα διανύσματα της δύναμης δεν είναι τόσο εύχρηστα αφού εξαρτώνται από δύο παράγοντες: α) από το φορτίο Q που δρα και β) από το φορτίο q που υφίσταται αυτή τη δράση. Έτσι, χρησιμοποιούμε την έννοια της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου σε ένα σημείο, η οποία ορίζεται ως η ηλεκτροστατική δύναμη ανά μονάδα θετικού φορτίου στο σημείο αυτό. Η ένταση αποτελεί το μέτρο του ηλεκτρικού πεδίου και παριστάνεται από το γράμμα E .

Αν τα διανύσματα της εικόνας 3α αναφέρονται σε δυνάμεις ανά μοναδιαίο φορτίο, παριστάνουν ευθέως το διάνυσμα της έντασης σε κάθε επιλεγμένο σημείο. Η κατεύθυνση του πεδίου δηλώνεται από τα διανύσματα αυτά, και ορίζεται ότι είναι η κατεύθυνση προς την οποία θα κινηθεί ένα μικρό, ακίνητο, θετικό δοκιμαστικό φορτίο. Σε κάθε σημείο η κατεύθυνση του πεδίου είναι ίδια με την κατεύθυνση της δύναμης. Για το λόγο αυτό, όλα τα διανύσματα κατευθύνονται προς το κέντρο της αρνητικά φορτισμένης σφαίρας. Αν η σφαίρα ήταν θετικά φορτισμένη, τα διανύσματα θα είχαν αντίθετη κατεύθυνση, δηλαδή από το κέντρο προς τα έξω, επειδή αν τοποθετούσαμε κάπου στην περιοχή της σφαίρας ένα θετικό δοκιμαστικό φορτίο, αυτό θα απωθούνταν (Hewitt, 2011).

Μια πιο χρήσιμη περιγραφή του ηλεκτρικού πεδίου γίνεται με τη βοήθεια των ηλεκτρικών δυναμικών γραμμών (εικόνα 3β). Οι δυναμικές γραμμές αντιπροσωπεύουν έναν μικρό αριθμό από τις απειράριθμες δυνατές γραμμές που δείχνουν την κατεύθυνση του πεδίου. Για ένα απομονωμένο φορτίο, οι γραμμές εκτείνονται στο άπειρο, ενώ για δύο ή περισσότερα αντίθετα φορτία, οι γραμμές ξεκινούν από ένα θετικό φορτίο και καταλήγουν σε ένα αρνητικό.

Ηλεκτρικό ρεύμα

Ρεύμα είναι οποιαδήποτε κίνηση φορτίου από μια περιοχή σε κάποια άλλη και ορίζεται ως η ποσότητα φορτίου που μεταφέρεται στη μονάδα του χρόνου (Young, 1994). Το ηλεκτρικό ρεύμα είναι απλώς η ροή ηλεκτρικού φορτίου. Στους μεταλλικούς αγωγούς το «ρευστό» φορτίο αποτελείται από ηλεκτρόνια. Αυτό συμβαίνει επειδή ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια από κάθε άτομο του μετάλλου μπορούν να κινούνται ελεύθερα σε όλη την έκταση του αγωγού, σε αντίθεση με τα πρωτόνια που παραμένουν καθηλωμένα σε λίγο – πολύ σταθερές θέσεις (Hewitt, 2011).

Πηγές τάσεις

Τα φορτία ρέουν μόνο όταν «ωθούνται» ή «εξαναγκάζονται». Για να υπάρχει συνεχής ροή φορτίων, απαιτείται μια κατάλληλη διάταξη άντλησης η οποία να εξασφαλίζει κάποια διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού – δηλαδή, κάποια τάση (Hewitt, 2011). Οι συσκευές εκείνες οι οποίες προκαλούν ανάμεσα στα σημεία που συνδέονται διαφορά δυναμικού ονομάζονται πηγές ηλεκτρεγερτικής δύναμης ή αλλιώς πηγές τάσης. Οι μπαταρίες και οι ηλεκτρικές γεννήτριες είναι τέτοιες πηγές που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρικά κυκλώματα, καθώς διατηρούν σταθερή τη ροή του φορτίου μέσα σε αυτά.

2.2.2. Μαγνητισμός

Μαγνητικές δυνάμεις

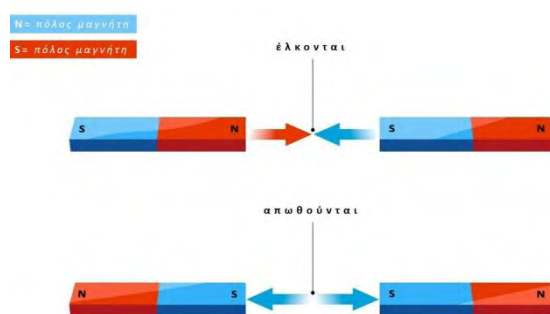
Είδαμε παραπάνω ότι μεταξύ ηλεκτρικά φορτισμένων σωματίων ασκούνται δυνάμεις. Η δύναμη ανάμεσα σε δύο φορτισμένα σωματίδια εξαρτάται από το μέγεθος του φορτίου του καθενός και από τη μεταξύ τους απόσταση, όπως ορίζει ο νόμος του Coulomb. Όταν, όμως, τα φορτία κινούνται το ένα προς το άλλο, ο νόμος αυτός δεν επαρκεί για να περιγράψει την αλληλεπίδραση που δημιουργείται μεταξύ τους. Εκτός, λοιπόν, από την ηλεκτρική δύναμη, υπάρχει και μια άλλη που οφείλεται στην κίνηση των φορτισμένων σωματίων και ονομάζεται

μαγνητική. Η πηγή της μαγνητικής δύναμης είναι η κίνηση των φορτισμένων σωματίων, που συνήθως είναι ηλεκτρόνια (Hewitt,2011).

Μαγνητικοί πόλοι

Αν εξετάσουμε έναν απλό ραβδόμορφο μαγνήτη, θα διαπιστώσουμε ότι αποτελείται από δύο άκρα ή αλλιώς από δύο μαγνητικούς πόλους. Το ένα άκρο του ονομάζεται βορειοστρεφής πόλος, ή πιο απλά βόρειος, και το άλλο άκρο του ονομάζεται νοτιοστρεφής πόλος, ή πιο απλά νότιος. Όλοι οι μαγνήτες έχουν βόρειο και νότιο πόλο. Αυτό που αλλάζει είναι τα σχήμα και το μέγεθος του κάθε μαγνήτη. Οι πιο συνηθισμένοι είναι οι ραβδόμορφοι και οι πεταλοειδείς, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι ένας μαγνήτης δεν μπορεί να έχει οποιαδήποτε άλλη μορφή. Αν κρεμάσουμε τον μαγνήτη από μια κλωστή δεμένη στο κέντρο του, θα παρατηρήσουμε ότι συμπεριφέρεται σαν μια πυξίδα. Ο βόρειος πόλος του δείχνει πάντα προς τον Βορρά και ο νότιος πόλος του προς τον Νότο.

Όταν ο βόρειος πόλος ενός μαγνήτη πλησιάσει το βόρειο πόλο ενός άλλου, απωθούνται. Το ίδιο συμβαίνει και όταν ο νότιος πόλος ενός μαγνήτη πλησιάσει το νότιο πόλο κάποιου άλλου. Όταν, όμως, πλησιάσουν μεταξύ τους δύο αντίθετοι πόλοι, τότε έλκονται. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι οι ομώνυμοι πόλοι απωθούνται, ενώ οι ετερόνυμοι έλκονται. Ωστόσο, όσο απομακρυνόμαστε από τους πόλους και πλησιάζουμε προς το μέσο του μαγνήτη, οι μαγνητικές δυνάμεις εξασθενούν, με αποτέλεσμα να μην είναι τόσο ισχυρές αυτές οι έλξεις ή οι απώσεις.



Εικόνα 4: Οι ομώνυμοι πόλοι απωθούνται μεταξύ τους, ενώ οι ετερόνυμοι έλκονται.

Το μαγνητικό πεδίο

Ακριβώς όπως ορίσαμε το ηλεκτρικό πεδίο ως ο χώρος γύρω από οποιοδήποτε ηλεκτρικά φορτισμένο σώμα, με τον ίδιο τρόπο ορίζουμε το μαγνητικό πεδίο ως ο χώρος γύρω από ένα μαγνήτη ή από ένα ρευματοφόρο αγωγό. Αν σκορπίσουμε ρινίσματα σιδήρου σε μία γυάλινη

επιφάνεια τοποθετημένη πάνω σε έναν ραβδόμορφο μαγνήτη, θα διαπιστώσουμε ότι διατάσσονται σε έναν χαρακτηριστικό σχηματισμό γραμμών που περιβάλλουν τον μαγνήτη. Οι γραμμές αυτές ονομάζονται μαγνητικές δυναμικές γραμμές και η διάταξή τους καθορίζει τη μορφή που θα έχει το πεδίο που βρίσκεται γύρω από το μαγνήτη.



Εικόνα 5: Η μορφή του μαγνητικού πεδίου γύρω από έναν ραβδόμορφο μαγνήτη.

Για να περιγράψουμε το μαγνητικό πεδίο και να εκφράσουμε το πόσο ισχυρό είναι, χρησιμοποιούμε το διανυσματικό μέγεθος B που ονομάζεται ένταση του μαγνητικού πεδίου ή μαγνητική επαγωγή. Η εφαπτόμενη σε κάθε σημείο της δυναμικής γραμμής δίνει τη διεύθυνση της έντασης B στο σημείο αυτό.

Αναφέραμε παραπάνω ότι ο μαγνητισμός οφείλεται στην κίνηση ηλεκτρικών φορτίων. Σε έναν μαγνήτη, τα φορτία αυτά δεν είναι τίποτα άλλο παρά τα ηλεκτρόνια των ατόμων που αποτελείται ο μαγνήτης, τα οποία και βρίσκονται σε διαρκή κίνηση. Υπάρχουν δύο είδη ηλεκτρονιακής κίνησης που συμβάλλουν στον μαγνητισμό: η ιδιοπεριστροφή (ή αλλιώς «σπιν») του ηλεκτρονίου και η τροχιακή του κίνηση. Η πρώτη αφορά την περιστροφή των ηλεκτρονίων γύρω από τον άξονά τους, ενώ η δεύτερη την περιφορά των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα του ατόμου. Στους περισσότερους συνηθισμένους μαγνήτες, η κύρια συνεισφορά στον μαγνητισμό είναι αυτή που οφείλεται στην ιδιοπεριστροφή.

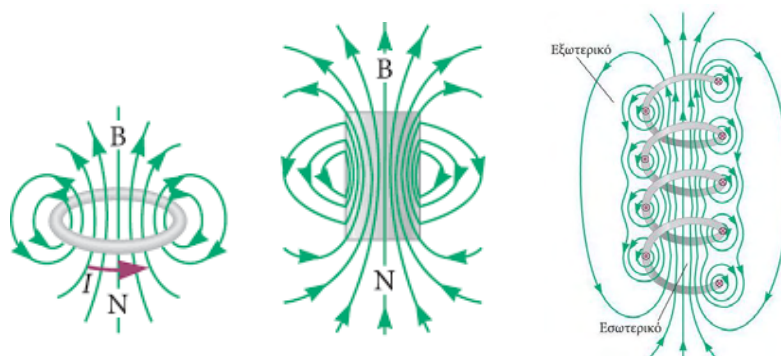
2.2.3. Ηλεκτρομαγνητισμός

Ηλεκτρικό ρεύμα και μαγνητικό πεδίο

Αν τοποθετήσουμε γύρω από έναν ρευματοφόρο αγωγό μια σειρά από πυξίδες και διοχετεύσουμε σε αυτόν ρεύμα, θα διαπιστώσουμε ότι οι βελόνες των πυξίδων στρέφονται με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζουν έναν κύκλο. Αν αντιστρέψουμε τη φορά του ρεύματος, θα παρατηρήσουμε ότι οι βελόνες στρέφονται αντίθετα με την αρχική εκτροπή τους. Είναι

φανερό, ότι για να εκτρέπονται οι μαγνητικές βελόνες, θα πρέπει να ασκούνται πάνω τους δυνάμεις. Όμως ένας μαγνήτης δέχεται δύναμη μόνο όταν βρεθεί μέσα σε μαγνητικό πεδίο. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι γύρω από έναν ρευματοφόρο αγωγό δημιουργείται μαγνητικό πεδίο.

Η μορφή του μαγνητικού πεδίου που υπάρχει γύρω από ρευματοφόρους αγωγούς, αλλάζει ανάλογα με το σχήμα που έχουν οι αγωγοί. Πιο συγκεκριμένα, γύρω από έναν ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό, το πεδίο έχει τη μορφή ομόκεντρων κύκλων με κέντρο τον αγωγό και το επίπεδό τους είναι κάθετο σε αυτόν. Αν ο αγωγός καμφθεί, ώστε να αποκτήσει κυκλικό σχήμα, οι γραμμές του μαγνητικού πεδίου συγκεντρώνονται στο εσωτερικό του κύκλου. Αν ο αγωγός καμφθεί και σε δεύτερο κύκλο, που να επικαλύπτει τον πρώτο, η συγκέντρωση των γραμμών του πεδίου στο εσωτερικό των κύκλων γίνεται διπλάσια. Άρα, όσο μεγαλώνει ο αριθμός των κυκλικών αγωγών (ή των σπειρών, όπως λέγονται αλλιώς) η ένταση του μαγνητικού πεδίου στην περιοχή αυτή αυξάνεται. Αν, τέλος, ο αγωγός καμφθεί σε πολλούς μικρούς κυκλικούς αγωγούς, το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται είναι πολύ ισχυρό. Ένα σύνολο κυκλικών αγωγών αποτελούν ένα πηνίο.



Εικόνα 6: Μορφές μαγνητικού πεδίου γύρω από α) ρευματοφόρο βρόγχο, β) ραβδόμορφο μαγνήτη και γ) ρευματοφόρο σπειροειδές πηνίο.

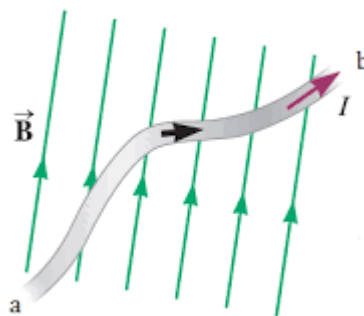
Εξετάζοντας αναλυτικότερα το μαγνητικό πεδίο του πηνίου και έχοντας στη διάθεσή μας μια πυξίδα, διαπιστώνουμε ότι το ένα άκρο του συμπεριφέρεται σαν βόρειος πόλος και το άλλο σαν νότιος. Το σημείο εξόδου των δυναμικών γραμμών το χαρακτηρίσαμε βόρειο πόλο και το σημείο εισόδου νότιο. Το πηνίο δηλαδή φέρεται όπως ένας ευθύγραμμος μαγνήτης. Οι δυναμικές γραμμές στο εσωτερικό του πηνίου είναι παράλληλες με τον άξονά του (δηλαδή την ευθεία που ορίζεται από τα κέντρα των κυκλικών αγωγών) και ισαπέχουν.

Μαγνητική δύναμη σε ρευματοφόρους αγωγούς

Αν ένα ρεύμα μπορεί να ασκήσει δύναμη σε έναν μαγνήτη, μπορούμε να αναμένουμε (στη βάση του τρίτου νόμου του Νεύτωνα) ότι ένας μαγνήτης μπορεί επίσης να ασκήσει δύναμη

σε ένα ηλεκτρικό ρεύμα. Ας πάρουμε, για παράδειγμα, ένα ακίνητο φορτισμένο σωματίδιο. Όταν το σωματίδιο βρεθεί μέσα σε ένα στατικό μαγνητικό πεδίο, παρατηρούμε ότι δεν αλληλεπιδρά με κανένα τρόπο με αυτό. Αν, όμως, το φορτισμένο σωματίδιο αρχίσει να κινείται μέσα στο πεδίο αυτό, παρατηρούμε ότι το σωματίδιο θα αλλάξει πορεία. Αυτό συμβαίνει επειδή το σωματίδιο δέχτηκε μια δύναμη εκτροπής. Η δύναμη αυτή είναι μέγιστη όταν το σωματίδιο κινείται κάθετα προς τις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου. Όταν κινείται υπό άλλες γωνίες, η δύναμη είναι μικρότερη, ενώ όταν κινείται παράλληλα προς τις γραμμές του πεδίου, δεν υφίσταται καμία δύναμη (Hewitt, 2011).

Όπως ένα φορτισμένο σωματίδιο δέχεται μια δύναμη εκτροπής, όταν κινείται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, με τον ίδιο τρόπο και ένα ρεύμα φορτισμένων σωματιδίων που κινούνται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, θα δεχτούν μια τέτοια δύναμη. Αν τα σωματίδια αυτά βρίσκονται μέσα σε έναν αγωγό, τότε και ο αγωγός θα δεχτεί με τη σειρά του κάποια ώθηση. Αν η φορά του ρεύματος αντιστραφεί, αντιστρέφεται και η φορά της δύναμης εκτροπής. Η δύναμη αυτή είναι μέγιστη όταν το ρεύμα είναι κάθετο στις γραμμές του πεδίου, ενώ η κατεύθυνσή της είναι κάθετη τόσο με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου όσο και με την κατεύθυνση του ρεύματος (Hewitt, 2011).

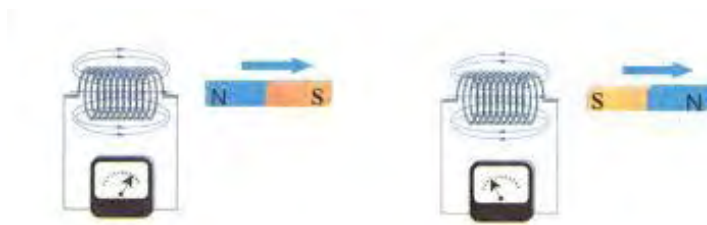


Εικόνα 7: Ένας ρευματοφόρος αγωγός που βρίσκεται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο υφίσταται μια δύναμη.

Ηλεκτρομαγνητική Επαγωγή

Η ανακάλυψη του Oersted, ότι δηλαδή οι ρευματοφόροι αγωγοί δημιουργούν μαγνητικά πεδία, προκάλεσε μεγάλη αίσθηση στους επιστημονικούς κλάδους της Ευρώπης και της Αμερικής αλλά και πολλά ερωτήματα. Το πιο βασικό από αυτά ήταν μήπως και ένας μαγνήτης θα μπορούσε με κάποιο τρόπο να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα. Η απάντηση στο ερώτημα αυτό δόθηκε από τους Faraday και Henry, οι οποίοι ανακάλυψαν ότι μπορούμε να δημιουργήσουμε ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα σύρμα κινώντας απλώς έναν μαγνήτη μέσα – έξω σε ένα τμήμα του σύρματος που έχει τη μορφή πηνίου. Δεν απαιτείται καμία μπαταρία ή

άλλη πηγή τάσης, παρά μόνο η κίνηση ενός μαγνήτη μέσα σε έναν κυκλικό αγωγό. Ανακάλυψαν ακόμη ότι η σχετική κίνηση ενός καλωδίου ως προς ένα μαγνητικό πεδίο προκαλεί, ή επάγει, τάση. Η τάση επάγεται είτε κινείται το πεδίο ενός μαγνήτη κοντά σε ακίνητο αγωγό είτε κινείται ο αγωγός μέσα σε στάσιμο μαγνητικό πεδίο (Hewitt, 2011).



Εικόνα 8: Όταν ο μαγνήτης βυθίζεται σε ένα πηνίο, επάγεται σε αυτό τάση, η οποία θέτει τα φορτία του σε κίνηση.

Όσο περισσότερες είναι οι σπείρες του σύρματος που κινούνται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο, τόσο μεγαλύτερη είναι η επαγόμενη τάση. Αν σπρώξουμε έναν μαγνήτη μέσα σε πηνίο με διπλάσιες σπείρες, θα επαχθεί διπλάσια τάση. Αν τον σπρώξουμε μέσα σε πηνίο με τριπλάσιες σπείρες, θα επαχθεί τριπλάσια κ.ο.κ. Επιπλέον, το μέγεθος της επαγόμενης τάσης εξαρτάται και από την ταχύτητα με την οποία πλησιάζουμε τον μαγνήτη στο πηνίο. Η πολύ αργή κίνηση μόλις που επάγει κάποια τάση, ενώ αντίθετα μια γρήγορη κίνηση σημαίνει και μεγαλύτερη επαγόμενη τάση. Τέλος, παρατηρούμε ότι η επαγόμενη τάση είναι μεγαλύτερη, όσο πιο ισχυρός είναι ο μαγνήτης που πλησιάζουμε στο πηνίο.

Το φαινόμενο της επαγωγής τάσης μέσω της μεταβολής του μαγνητικού πεδίου σε μια αγωγίμη σπείρα ονομάζεται ηλεκτρομαγνητική επαγωγή και περιγράφεται συνοπτικά από τον νόμο του Faraday ως εξής:

Η τάση που επάγεται σε μια σπείρα είναι ανάλογη προς το γινόμενο του αριθμού των σπειρών επί τον ρυθμό μεταβολής του μαγνητικού πεδίου στις σπείρες.

Ο νόμος του Faraday αποτελεί και το τελικό στάδιο που αποσκοπούσαμε να φτάσουμε στην παρούσα εργασία με τους μαθητές μας. Έχοντας περάσει σταδιακά από τις βασικές έννοιες που περικλείονται στον μαγνητισμό, στον ηλεκτρισμό και στον ηλεκτρομαγνητισμό, θεωρήσαμε ότι δεν θα προσδώσει κάποιο μαθησιακό αποτέλεσμα να εισάγουμε τους μαθητές σε πιο δύσκολες έννοιες, που ίσως τους προκαλούσαν σύγχυση. Στόχος μας ήταν οι μαθητές να είναι σε θέση αρχικά να διακρίνουν πώς από τον ηλεκτρισμό περνάμε στον μαγνητισμό και να εξετάζαμε, σε δεύτερη φάση, κατά πόσο θα προέβλεπαν το αντίστροφο μέσα από τα πειράματα που θα εκτελούσαν.

2.3. Εναλλακτικές ιδέες των παιδιών

Τα παιδιά στην προσπάθειά τους να εξηγήσουν τα φυσικά φαινόμενα που συμβαίνουν γύρω τους, σχηματίζουν αντιλήψεις για τον τρόπο που λειτουργεί η φύση. Αυτές τις αντιλήψεις, οι οποίες δημιουργούνται υποσυνείδητα, τις ονομάζουμε *ιδέες των παιδιών*. Οι εξηγήσεις που προσφέρουν εξαρτώνται κυρίως από τις εμπειρίες τους, από το πόσο απλές και κατανοητές είναι οι εξηγήσεις που παρέχονται από τους άλλους και από τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους (Χαλκιά, 2013). Γίνεται κατανοητό, λοιπόν, ότι οι μαθητές όταν έρχονται στο σχολείο έχουν σχηματίσει ήδη κάποια άποψη για το πώς λειτουργεί ο κόσμος.

Ωστόσο, η γνώση που έχουν οικοδομήσει, αποκλίνει συχνά από την επιστημονικά ορθή. Αυτό οφείλεται στο ότι οι πληροφορίες που λαμβάνουν από τον φυσικό κόσμο μέσω των αισθήσεών τους είναι περιορισμένες, οι ερμηνείες που δίνουν για τα φαινόμενα βασίζονται στην κοινή λογική και οι προϋπάρχουσες γνώσεις που έχουν για το φυσικό κόσμο είναι λίγες. Στερούνται, λοιπόν, κατάλληλων εννοιολογικών εργαλείων για να ερμηνεύσουν φαινόμενα και εννοιολογικών δομών για να τα εντάξουν. Για το λόγο αυτό οι ιδέες που έχουν τα παιδιά χαρακτηρίζονται ως *εναλλακτικές* ή *διαισθητικές*. Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιούμε τον όρο *εναλλακτικές ιδέες* όταν αναφερόμαστε στην αποκλίνουσα από την επιστημονική γνώση των μαθητών.

Κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά των εναλλακτικών ιδεών είναι ότι μπορούν να ομαδοποιηθούν, έχουν γενικότητα και διαχρονική ισχύ παρόλο που μερικές από αυτές διαφοροποιούνται με την ανάπτυξη του μαθητή ή την επίδραση της διδασκαλίας (Driver et.al, 2000). Είναι κυρίως βιωματικές, εφόσον εξαρτώνται άμεσα από τις αισθητηριακές αντιλήψεις τους, και λανθάνουσες, δεδομένου ότι στην πλειονότητά τους οι μαθητές δεν έχουν συνείδηση των ιδεών που κατέχουν.

Από την άλλη, η τροποποίηση των εναλλακτικών ιδεών είναι μια σύνθετη διαδικασία, εφόσον υπάρχουν και μερικές εναλλακτικές ιδέες που είναι τόσο καλά εδραιωμένες με αποτέλεσμα να μην αλλάζουν με τη διδασκαλία. Όπως εξηγούν οι Strike και Posner (1985), προκειμένου να επιτευχθεί η αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών πρέπει να συντρέχουν διάφορες προϋποθέσεις όπως: να αναγνωρίσουν οι μαθητές την ύπαρξη ανωμαλιών, να συνειδητοποιήσουν ότι οι εξηγήσεις που δίνουν, ή οι προβλέψεις που κάνουν για τα φυσικά φαινόμενα είναι μη ικανοποιητικές, να είναι ανοιχτοί σε άλλες πιθανές εξηγήσεις και να διαθέτουν το απαραίτητο επίπεδο κατανόησης για να υποδεχθούν ένα νέο ερμηνευτικό πλαίσιο.

Επομένως, γίνεται κατανοητό ότι σημείο κλειδί για την αποτελεσματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών φαίνεται πως είναι οι ιδέες των μαθητών για τις έννοιες και τα φαινόμενα που μελετώνται. Η διδασκαλία με στόχο την κατανόηση δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς τη διάγνωση της κατανόησης του εννοιολογικού περιεχόμενου των μαθητών (Carrey, 2000), αφού η ανίχνευση και η μελέτη των αρχικών βιωματικών παραστάσεων παρέχει τη δυνατότητα για προσαρμογή της διδασκαλίας στις ανάγκες των μαθητών ως προς τις έννοιες που θα διδαχθούν.

Μεγάλο μέρος των ερευνών για τις Φυσικές Επιστήμες στρέφονται στις ιδέες αυτές, προκειμένου να γίνει αποτελεσματικότερη η μάθηση. Πιο συγκεκριμένα, στόχος των ερευνητών είναι η ανίχνευση των ερμηνευτικών σχημάτων και κατασκευών που διαθέτουν και χρησιμοποιούν οι μαθητές για να εξηγήσουν έννοιες και φαινόμενα του φυσικού κόσμου. Παρακάτω παρουσιάζονται πέντε ενδεικτικές έρευνες σχετικές με τον ηλεκτρισμό, τον μαγνητισμό και τον ηλεκτρομαγνητισμό, που έχουν ως βασικό σκοπό να αναδείξουν τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές όταν έρχονται σε επαφή με αυτά τα φαινόμενα, αλλά και τις λανθασμένες αντιλήψεις που αναπτύσσουν πριν και μετά την διδασκαλία αυτών.

2.4. Επιστημονικές έρευνες σχετικές με την διδασκαλία του ηλεκτρισμού, του μαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού

Μελετώντας την ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία διαπιστώθηκε ότι έχουν γίνει πολλές έρευνες για τον ηλεκτρισμό σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, σε αντίθεση με τον μαγνητισμό και τον ηλεκτρομαγνητισμό, που όπως αναφέραμε οι προσπάθειες μελέτης τους είναι αρκετά λιγότερες.

Ωστόσο, είναι σημαντικό οι μαθητές να είναι σε θέση να κατανοούν τα βασικά ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα για δύο βασικούς λόγους: πρώτον, τόσο ο ηλεκτρισμός όσο και ο μαγνητισμός αποτελούν κεντρικές ενότητες των Αναλυτικών Προγραμμάτων των Φυσικών Επιστημών σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης και δεύτερον, οι έννοιες και τα μοντέλα που εμπεριέχονται στον ηλεκτρομαγνητισμό είναι ιδιαίτερα προβληματικές. Οι έννοιες είναι αρκετά αφηρημένες και η κατανόησή τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα μοντέλα (Guisasola et al., 2007). Ακόμη, οι δυσκολίες των μαθητών γίνονται μεγαλύτερες αν αναλογιστούμε ότι τα περισσότερα φαινόμενα που ανήκουν στον ηλεκτρομαγνητισμό δεν μπορούν να παρατηρηθούν άμεσα, καθώς επίσης και ότι οι παρατηρήσεις αυτές γίνονται σε μακροσκοπικό επίπεδο, ενώ οι επιστημονικές εξηγήσεις δίνονται σε μικροσκοπικό επίπεδο. Από την άλλη, παρότι κάποιοι μαθητές φαίνεται να είναι ικανοί να ανακαλέσουν μερικές από τις επιστημονικές ιδέες, λίγοι φαίνεται να τις έχουν ενσωματώσει σε ένα συνεκτικό πλαίσιο ή μπορούν να τις εφαρμόσουν αποτελεσματικά σε νέες καταστάσεις (Saglam & Millar, 2006).

Οι Χριστίδου, Καζέλα, Κακανά και Βαλακώστα (2009) εφάρμοσαν τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις για τη διδασκαλία της μαγνητικής έλξης σε παιδιά προσχολικής ηλικίας με σκοπό να συγκρίνουν τον βαθμό αποτελεσματικότητάς τους. Η πρώτη προσέγγιση έδωσε έμφαση στις εναλλακτικές αντιλήψεις των παιδιών σχετικά με τους μαγνήτες και τις μαγνητικές δυνάμεις, καθώς επίσης στη συνεργασία και στις αλληλεπιδράσεις που εμφανίστηκαν στην τάξη. Η δεύτερη προσέγγιση επίσης έλαβε υπόψη τις αντιλήψεις των παιδιών και τις συνδύασε με ειδικά σχεδιασμένες δραστηριότητες που χρησιμοποιούσαν την αφήγηση ιστοριών, τα πειράματα και τη δραματοποίηση. Από την άλλη, στην τρίτη προσέγγιση τα παιδιά συμμετείχαν σε μια παραδοσιακή, δασκαλοκεντρική διδασκαλία σχετικά με τη μαγνητική έλξη. Τα πιο σημαντικά αποτελέσματα της έρευνας σχετίζονται με την εξέλιξη των αντιλήψεων των παιδιών ως αποτέλεσμα των διδακτικών μεθόδων που εφαρμόστηκαν στις τρεις περιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα, ο αριθμός των επαρκών απαντήσεων αυξήθηκε σημαντικά στην περίπτωση των δύο πρώτων προσεγγίσεων, το οποίο

σημαίνει ότι η κατανόησή τους ως προς τη μαγνητική έλξη βελτιώθηκε ως αποτέλεσμα της εφαρμογής των σχεδιασμένων δραστηριοτήτων. Από την άλλη μεριά, η συχνότητα των επαρκών (και ανεπαρκών) απαντήσεων σχεδόν παρέμειναν σταθερές στην τρίτη περίπτωση, ενώ κάποια από τα παιδιά φάνηκε να υποτροπιάζουν σε πολλές περιπτώσεις.

Οι Bailey, Francis και Hill (1987) μελέτησαν αν οι μαθητές χρησιμοποιούν ή όχι τις γενικές κατασκευές τους, δηλαδή τις ιδέες που αναπτύσσουν στην προσπάθειά τους να ερμηνεύσουν τον κόσμο γύρω τους, για να προβλέψουν τη συμπεριφορά των αλληλεπιδράσεων όσων αφορά τους μαγνήτες. Μέσα από ατομικές συνεντεύξεις σε 119 μαθητές δημοτικού σχολείου, εστίασαν σε δύο γενικές κατασκευές: α) ότι σε κάθε αλληλεπίδραση, όσο πιο καινούριο είναι το μέσο, τόσο μεγαλύτερη επίδραση έχει και β) ότι όσο πιο μεγάλο είναι το μέσο, τόσο μεγαλύτερη επίδραση έχει. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας τείνουν να υποστηρίζουν τις δύο γενικές κατασκευές που εξετάζονταν. Αν και οι παλιοί μαγνήτες δεν επηρεάζονται με τα χρόνια και κρατούν ακριβώς τον ίδιο αριθμό συνδετήρων με τους καινούριους, το 53% των μαθητών θεώρησε ότι τα χρόνια θα μείωναν τη δύναμη του μαγνήτη. Όμοια, ένα μεγάλο ποσοστό (60%) μαθητών φάνηκε να χρησιμοποιεί τη γενική κατασκευή, «όσο πιο μεγάλο είναι το μέσο, τόσο μεγαλύτερη επίδραση θα έχει», στην πρόβλεψη ότι μια μεγάλη λωρίδα από μαγνήτη θα κρατούσε περισσότερους συνδετήρες από ότι μια με το μισό μήκος από αυτή.

Οι Michellini και Vercellati (2012) ερευνήσαν τις αυθόρμητες ιδέες των μαθητών και τις εννοιολογικές διαδρομές μέσα από την εξέλιξη της συλλογιστικής στην ερμηνεία των μαγνητικών και ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων. Το δείγμα της έρευνας ήταν 201 μαθητές δημοτικού σχολείου, 114 μαθητές γυμνασίου και 19 νηπιαγωγείου. Στο πρώτο μέρος της έρευνας εξερευνήθηκε η συλλογιστική των φαινομένων της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής που αναπτύσσουν οι μαθητές του δημοτικού σχολείου μέσα από συγκεκριμένες πειραματικές καταστάσεις και ερωτήσεις. Στο δεύτερο μέρος, προτάθηκε η ανάλυση ενός άγνωστου τεχνουργήματος (ένας επαγόμενος φακός) στους μαθητές του γυμνασίου με ένα δομημένο τρόπο: α) προκαταρκτική περιγραφή του αντικειμένου μόνο κοιτάζοντάς το, β) εξέταση του αντικειμένου αγγίζοντάς το και κοιτάζοντας τη λειτουργία του, και γ) βελτίωση (ή τροποποίηση) της πρώτης περιγραφής. Συγκρίνοντας τις ιδέες των παιδιών πριν τη διερεύνηση με τις ιδέες που ανέπτυξαν μετά τη διερεύνηση, βρέθηκε ότι στην πρώτη περίπτωση οι μαθητές χρησιμοποιούσαν προτάσεις που έμοιαζαν με «δηλώσεις» και ήταν λιγότερο λεπτομερείς από ότι στη δεύτερη περίπτωση. Ακόμη, όσον αφορά την περιγραφή του τεχνουργήματος, στην αρχή οι μαθητές χρησιμοποιούσαν πολλές λεπτομέρειες και

εστίαζαν στη δομική του χρήση, ενώ μετά την διερεύνηση του αντικειμένου οι μαθητές φάνηκε να εστίασαν περισσότερο στη λειτουργία του και στα μέρη από τα οποία αποτελείται.

Οι Ravanis, Pantidos και Vitoratos (2010) εξέτασαν τις νοητικές αναπαραστάσεις μαθητών ηλικίας 14 – 15 χρόνων σχετικά με το μαγνητικό πεδίο στα πλαίσια του Νευτώνειου μοντέλου. Οι μαθητές κλίθηκαν να αναλογιστούν πάνω σε τρεις υποθετικές πειραματικές καταστάσεις και σε μία πραγματική πειραματική κατάσταση, μετά το τέλος της διδασκαλίας του μαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού στο σχολείο. Τα αποτελέσματα και των τεσσάρων δραστηριοτήτων δείχνουν ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες στην εκτίμηση πραγματικών ή υποθετικών πειραματικών καταστάσεων όσον αφορά την εφαρμογή των ιδιοτήτων του μαγνητικού πεδίου. Είναι ενδεικτικό ότι, μόνο 1 στους 10 μαθητές είναι ικανοί να επεξεργαστούν πλήρως τις καταστάσεις που τους παρουσιάστηκαν, να εκφράσουν το συλλογισμό τους και να διατυπώσουν υποθέσεις με βάση τη δηλωτική σχολική γνώση.

Τέλος, οι Borges και Gilbert (1998) ερεύνησαν τα νοητικά μοντέλα που κατασκευάζουν οι άνθρωποι σχετικά με το ηλεκτρικό ρεύμα, τον μαγνητισμό αλλά και τη σχέση ανάμεσα στον ηλεκτρισμό και τον μαγνητισμό. Το δείγμα της έρευνας περιελάμβανε μαθητές λυκείου, καθηγητές φυσικής της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ηλεκτρολόγους μηχανικούς, και τεχνικούς των οποίων οι καθημερινές εργασίες περιλαμβάνουν ηλεκτρισμό ή ηλεκτρομαγνητισμό. Παρουσιάστηκαν μια σειρά από καταστάσεις που αποτελούνταν από ένα πρακτικό πείραμα ή ένα νοητικό πείραμα, χτισμένες γύρω από μια ακολουθία πρόβλεψης – παρατήρησης – επεξήγησης. Μετά από την ανάλυση όλων των δεδομένων βρέθηκαν 5 νοητικά μοντέλα: α) ο μαγνητισμός ως τράβηγμα, με τον μαγνητισμό να βιώνεται ως έλξη που ασκείται στα αντικείμενα στην περιοχή γύρω από τον μαγνήτη και να αποτελεί εγγενή ιδιότητα των μαγνητών, β) ο μαγνητισμός ως σύννεφο, με το μοντέλο αυτό να μοιάζει με μια ατμόσφαιρα, ένα σύννεφο, μια «σφαίρα επιρροής», που περιβάλλει ένα μαγνήτη και εντός της οποίας ενεργούν άλλα αντικείμενα, γ) ο μαγνητισμός ως ηλεκτρική ενέργεια, όπου ο μαγνητισμός θεωρείται ως η έλξη μεταξύ αντίθετων ηλεκτρικών φορτίων, δ) ο μαγνητισμός ως ηλεκτρική πόλωση, με τα μαγνητικά φαινόμενα να εξηγούνται υποθέτοντας ότι τα θετικά και αρνητικά ηλεκτρικά φορτία διαχωρίζονται στους μαγνήτες, δημιουργώντας τους πόλους του και ε) το μοντέλο πεδίου, όπου ο μαγνητισμός υπάρχει σε μικροσκοπικό επίπεδο ως αποτέλεσμα της κίνησης των ηλεκτρικά φορτισμένων σωματιδίων στα άτομα ή των υπαρχόντων στοιχειωδών μαγνητών.

Οι ερευνητικές αυτές προσπάθειες που παρουσιάσαμε αλλά και αυτές που έχουν πραγματοποιηθεί αυτές τις δεκαετίες που οι ιδέες των μαθητών βρίσκονται στο επίκεντρο, λειτουργούν ως τη βάση των Αναλυτικών Προγραμμάτων, τα οποία σχεδιάζονται και οργανώνονται γύρω από αυτές. Δεδομένου ότι η εκπαίδευση σήμερα έχει αποδεχθεί την ύπαρξη των εναλλακτικών ιδεών από τους μαθητές και γίνεται προσπάθεια ανάδειξης και τροποποίησής τους στην τάξη, θεωρούμε σκόπιμο να αναφέρουμε τη σχολική γνώση σχετικά με τα φαινόμενα που μελετάμε, όπως έχει διαμορφωθεί με το πέρασμα των χρόνων.

2.5. Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών – Σχολική γνώση

Σε κάθε προσπάθεια διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών εμπλέκονται τα παρακάτω τρία διακριτά σώματα γνώσης: η φυσικο-επιστημονική γνώση, η σχολική της εκδοχή και η καθημερινή-βιωματική γνώση των μαθητών (Κουλαϊδής 1994, 2001).

Η φυσικο-επιστημονική γνώση είναι εκείνη με την οποία ασχολούνται οι επιστημονικές κοινότητες των Φυσικών Επιστημών όταν προσπαθούν να προωθήσουν ή να αλλάξουν τη γνώση. Είναι αυτή η γνώση που παράγεται στα Πανεπιστήμια και στα ερευνητικά κέντρα των Φυσικών Επιστημών και κωδικοποιείται στα επιστημονικά περιοδικά και στα πανεπιστημιακά συγγράμματα. Η σχολική εκδοχή της φυσικο-επιστημονικής γνώσης οικοδομείται στο πλαίσιο ειδικών συνθηκών, ξένων προς τη διαμόρφωση της επιστημονικής γνώσης και εντοπίζεται αφενός στα κείμενα των αναλυτικών προγραμμάτων και των σχολικών εγχειριδίων ή οδηγιών εκπαιδευτικού που σχετίζονται με τις φυσικές επιστήμες στις διάφορες εκπαιδευτικές βαθμίδες και αφετέρου στη γνώση για τις φυσικές επιστήμες, η οποία παράγεται κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών ως αλληλεπίδραση του τριγώνου εκπαιδευτικού, μαθητή και εκπαιδευτικού υλικού (Κολιόπουλος, 2006α). Η πρακτικο-βιωματική γνώση των παιδιών πηγάζει από την καθημερινή εμπλοκή τους με τη ζωή και με το γεγονός ότι χρησιμοποιούν ορισμένους γλωσσικούς κώδικες. Με άλλους όρους, είναι το πλέγμα των σημασιών το οποίο οι μαθητές κατέχουν και χειρίζονται για το φυσικό περιβάλλον εκτός του σχολικού μηχανισμού (Κουλαϊδής & Κουζέλης, 1990).

Εστιάζοντας στην σχολική γνώση, σε οποιαδήποτε από τις παραπάνω εκφάνσεις της, δεν είναι μόνο απλοποίηση αλλά ένας βαθύτερος μετασχηματισμός της φυσικο-επιστημονικής γνώσης. Η απλοποίηση για τις ανάγκες της διδασκαλίας της επιστημονικής γνώσης δεν υποδηλώνει αλλαγές στην ουσία ενός αντικειμένου και περιλαμβάνει: (α) την απλοποίηση του νοήματος των επιστημονικών όρων, (β) τον εμπλουτισμό του περιεχομένου με παραδείγματα τα οποία στηρίζονται στην εμπειρία του μαθητή, δηλαδή, είναι οικεία στο μαθητή και σύμφωνα με τα ενδιαφέροντά του και (γ) τη συνάρτηση της επιστημονικής γνώσης με τον καθημερινό κόσμο (Κουλαϊδής, 2001α).

Μια ακόμη διάσταση της σχολικής γνώσης έθεσε ο Shulman (1986) σε μια προσπάθεια σύνδεσης των διδακτικών αντικειμένων με τις διδακτικές και μαθησιακές δραστηριότητες. Ο ίδιος τονίζει την αναγκαιότητα του μετασχηματισμού της διδακτέας ύλης σε διδάξιμη γνώση, με τον όρο «διδάξιμη γνώση» να χρησιμοποιείται για να δηλώσει το σύνολο της γνώσης που αναφέρεται α) στην αντίληψη του εκπαιδευτικού για την παιδευτική σημασία και τους

διδασκτικούς στόχους του συγκεκριμένου αντικειμένου, β) στην αντίληψη που έχει ο εκπαιδευτικός για τις γνώσεις, τις δυνατότητες και τις στάσεις των μαθητών αναφορικά με το συγκεκριμένο αντικείμενο, γ) στον βαθμό κατοχής του αντικειμένου ως επιστημονικού κλάδου από τον εκπαιδευτικό, δ) στη γνώση του εκπαιδευτικού για τις κύριες μορφές παρουσίασης, που βοηθούν τους μαθητές να κατανοήσουν το περιεχόμενο του μαθήματος, αλλά και για τις αναλογίες, τις απεικονίσεις, τα παραδείγματα και τις εξηγήσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, ε) στη γνώση, από πλευράς εκπαιδευτικού, των λόγων που δυσκολεύουν τους μαθητές να κατανοήσουν συγκεκριμένα στοιχεία του μαθήματος και στ) στη γνώση των εννοιών που κατέχει κάθε ηλικία σχετικά με το διδασκόμενο μάθημα και των παρανοήσεων που συνήθως υπάρχουν, καθώς και του τρόπου με τον οποίο πρέπει να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω προβλήματα. Είναι, συνεπώς, επιτακτική ανάγκη ο εκπαιδευτικός να κατέχει το αντικείμενο που καλείται να διδάξει τόσο στην επιστημονική του μορφή όσο και στη μορφή της διδάξιμης ύλης.

Γίνεται κατανοητό, λοιπόν, πως ένα βασικό ερώτημα - αν όχι το βασικότερο- που τίθεται από τους σχεδιαστές των αναλυτικών προγραμμάτων, αφορά στο «τι πρέπει να διδαχθούν» οι μαθητές στο σχολείο, ποια επιστημονική γνώση έχει τη μεγαλύτερη αξία, ώστε να μετασχηματιστεί σε σχολική γνώση. Ως εκ τούτου, θεωρούμε σκόπιμο να μελετήσουμε τα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών όλων των τάξεων του Δημοτικού Σχολείου καθώς και τα βιβλία του δασκάλου και να αναφερθούμε στις αναφορές για τον ηλεκτρισμό, μαγνητισμό και ηλεκτρομαγνητισμό. Πιο αναλυτικά, από τη μελέτη των Αναλυτικών προγραμμάτων της Μελέτης Περιβάλλοντος των τάξεων Α', Β', Γ', και Δ' και των Φυσικών των τάξεων Ε' και ΣΤ' διαπιστώθηκε ότι αναφορές στον ηλεκτρισμό, μαγνητισμό και ηλεκτρομαγνητισμό συναντώνται στις παρακάτω τάξεις:

Α' Τάξη:

Γενική θεματική ενότητα: «Ερευνούμε το φυσικό περιβάλλον»

Ενότητα 4: «Η ηλεκτρική ενέργεια στη ζωή μας» (βιβλίο μαθητή: σελ. 146 – 150, τετράδιο εργασιών: σελ. 50)

Η ενότητα αποτελείται από δύο κεφάλαια:

1. Η ηλεκτρική ενέργεια στη ζωή μας
2. Κάνουμε οικονομία στην ηλεκτρική ενέργεια

Όπως αναφέρεται στο βιβλίο του δασκάλου (σελ. 107), στο πρώτο κεφάλαιο δίνεται έμφαση στις λάμπες που φωτίζουν τα δωμάτια του σπιτιού ή τις αίθουσες του σχολείου και είναι αντικείμενα που τα παιδιά τα αναπαριστούν στις ζωγραφιές τους. Ακόμη, παρουσιάζονται οι οικιακές συσκευές και η γραμμή μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας από το εργοστάσιο μέχρι το σπίτι ή το σχολείο. Στο δεύτερο κεφάλαιο τα παιδιά διαπραγματεύονται τους πιο ακίνδυνους τρόπους εξοικονόμησης της ηλεκτρικής ενέργειας

Ως διδακτικοί στόχοι αναφέρονται οι:

- Να αναφέρουν οι μαθητές εφαρμογές της ηλεκτρικής ενέργειας στην καθημερινή μας ζωή.
- Να συζητήσουν και να εξοικειωθούν με απλούς τρόπους εξοικονόμησης της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Να συνειδητοποιήσουν τις μεταβολές που προκάλεσε η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας στην εξέλιξη του πολιτισμού.

Ε' Τάξη:

Ενότητα: «Ηλεκτρισμός» (βιβλίο μαθητή: σελ. 56 - 71, τετράδιο εργασιών: σελ. 94 – 125)

Η ενότητα αποτελείται από εννιά κεφάλαια:

1. Στατικός ηλεκτρισμός
2. Το ηλεκτροσκόπιο
3. Πότε ανάβει το λαμπάκι;
4. Ένα απλό κύκλωμα
5. Το ηλεκτρικό ρεύμα
6. Αγωγοί και μονωτές
7. Ο διακόπτης
8. Σύνδεση σε σειρά και παράλληλη σύνδεση
9. Ηλεκτρικό ρεύμα – Μια επικίνδυνη υπόθεση

Ως γενικός στόχος του κεφαλαίου είναι οι μαθητές να αποκτήσουν βασικές γνώσεις για τα φαινόμενα τα σχετικά με το ηλεκτρικό ρεύμα, τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα με μπαταρίες,

διακόπτες και λαμπτήρες και να ευαισθητοποιηθούν για τους κινδύνους που προκύπτουν από τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο οι μαθητές έρχονται σε επαφή με το θετικό και αρνητικό φορτίο, καθώς και με τις έννοιες της έλξης και της άπωσης. Οι διδακτικοί στόχοι του πρώτου κεφαλαίου, όπως αναφέρονται στο βιβλίο του δασκάλου (σελ. 151) είναι:

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι τα ομώνυμα φορτία απωθούνται, ενώ τα ετερόνυμα έλκονται.
- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι το πλαστικό καλαμάκι, όταν τρίβεται με ένα χαρτομάντιλο, φορτίζεται αρνητικά.
- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι το χαρτομάντιλο, όταν τρίβεται σε ένα καλαμάκι, φορτίζεται θετικά.

Το αντικείμενο του δεύτερου κεφαλαίου είναι το ηλεκτροσκόπιο και οι διδακτικοί στόχοι, όπως αναφέρονται στο βιβλίο του δασκάλου (σελ. 154), είναι οι εξής:

- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι δύο όμοια φορτισμένα σώματα απωθούνται.
- Να κατασκευάσουν οι μαθητές ένα ηλεκτροσκόπιο και να διαπιστώσουν πειραματικά τον τρόπο λειτουργίας του.

Στο τρίτο κεφάλαιο οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με τους λαμπτήρες και τα μέρη του. Οι διδακτικοί στόχοι του κεφαλαίου είναι (βιβλίο του δασκάλου, σελ. 156):

- Να σημειώσουν οι μαθητές σε τομή ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως τα διάφορα μέρη του.
- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά το σωστό τρόπο σύνδεσης ενός λαμπτήρα με τους πόλους μιας μπαταρίας σε ένα κύκλωμα.

Αντικείμενα μελέτης του τέταρτου κεφαλαίου είναι το κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα και τα σύμβολα στοιχείων ενός ηλεκτρικού κυκλώματος. Οι μαθητές καλούνται (βιβλίο του δασκάλου, σελ. 158):

- Να κατασκευάσουν μια λυχνιολαβή και να τη χρησιμοποιήσουν σε ένα απλό κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα.
- Να συσχετίσουν τα στοιχεία ενός κυκλώματος με τα αντίστοιχα σύμβολα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο οι μαθητές γνωρίζουν τις έννοιες των ηλεκτρονίων, των ελεύθερων ηλεκτρονίων και του ηλεκτρικού κυκλώματος. Διδακτικοί στόχοι του κεφαλαίου είναι (βιβλίο του δασκάλου, σελ. 161):

- Να εξηγήσουν με απλά λόγια την έννοια «ελεύθερα ηλεκτρόνια» και να αναφέρουν ότι η κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων ονομάζεται ηλεκτρικό ρεύμα.
- Να εντοπίσουν διαφορές και ομοιότητες ανάμεσα στη ροή του νερού σε ένα κλειστό κύκλωμα με σωλήνες και στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα.

Στο έκτο κεφάλαιο οι μαθητές μαθαίνουν για τους αγωγούς και τους μονωτές με διδακτικούς στόχους του κεφαλαίου να είναι (βιβλίο του δασκάλου, σελ. 163):

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά την ύπαρξη υλικών που άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα και υλικών που δεν άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα.
- Να αναγνωρίσουν οι μαθητές το μέρος των καλωδίων που είναι κατασκευασμένο από αγωγούς και αυτό που είναι κατασκευασμένο από μονωτές.

Οι μαθητές στο έβδομο κεφάλαιο διδάσκονται για τον διακόπτη καθώς και για το ανοιχτό και κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα. Οι διδακτικοί στόχοι του κεφαλαίου είναι (βιβλίο για το δάσκαλο, σελ. 165):

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά τη χρησιμότητα του διακόπτη σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.
- Να αναγνωρίσουν οι μαθητές τα σύμβολα για τον ανοιχτό και για τον κλειστό διακόπτη.
- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι στη σύνδεση σειρά ο διακόπτης μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιαδήποτε θέση του κυκλώματος.

Στο όγδοο κεφάλαιο οι μαθητές ασχολούνται με την σε σειρά και την παράλληλη σύνδεση ενός κυκλώματος. Οι διδακτικοί στόχοι του κεφαλαίου, όπως αναφέρονται στο βιβλίο του δασκάλου (σελ. 168) είναι:

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές διαφορές και ομοιότητες μεταξύ της σύνδεσης σε σειρά και της παράλληλης σύνδεσης.
- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι οι ηλεκτρικές συνδέσεις στα σπίτια μας είναι παράλληλες.
- Να διακρίνουν οι μαθητές τη σύνδεση σε σειρά από την παράλληλη σύνδεση σε ένα σκίτσο ηλεκτρικού κυκλώματος με σύμβολα.

Τέλος, στο ένατο και τελευταίο κεφάλαιο της ενότητας του ηλεκτρισμού, γίνεται αναφορά στους αγωγούς και μονωτές αλλά και στους κινδύνους για τον άνθρωπο από το ηλεκτρικό

ρεύμα. Δύο είναι οι διδακτικοί στόχοι για το κεφάλαιο αυτό, όπως αναγράφονται στο βιβλίο του δασκάλου (σελ. 171):

- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι το ανθρώπινο σώμα είναι μονωτής.
- Να αναφέρουν οι μαθητές κινδύνους από την απρόσεκτη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών.

Στ' Τάξη:

Ενότητα: «Ηλεκτρομαγνητισμός» (βιβλίο μαθητή: σελ. 94 - 101, τετράδιο εργασιών: σελ. 121 - 135)

Στην ενότητα εμπεριέχονται τέσσερα κεφάλαια:

1. Ο μαγνήτης
2. Ο μαγνήτης προσανατολίζεται
3. Από τον ηλεκτρισμό στο μαγνητισμό
4. Από το μαγνητισμό στον ηλεκτρισμό

Γενικός στόχος του κεφαλαίου είναι να αποκτήσουν οι μαθητές βασικές γνώσεις για τα φαινόμενα τα σχετικά με τους μαγνήτες και τον ηλεκτρομαγνητισμό.

Συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο οι μαθητές έρχονται σε επαφή με τον μαγνήτη και διδάσκονται για τον μαγνητικό πόλο, τα σιδηρομαγνητικά υλικά και την έλξη. Οι διδακτικοί στόχοι του κεφαλαίου, όπως αναφέρονται στο βιβλίο του δασκάλου (σελ. 189) είναι:

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι οι μαγνητικές δυνάμεις ασκούνται με επαφή αλλά και από απόσταση.
- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά την ύπαρξη υλικών που έλκονται από ένα μαγνήτη και την ύπαρξη υλικών που δεν έλκονται από ένα μαγνήτη.
- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι η έλξη σε ένα ραβδόμορφο μαγνήτη είναι πιο ισχυρή στα άκρα του.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αντικείμενα μελέτης είναι ο μαγνήτης, ο βόρειος και νότιος μαγνητικός πόλος, η έλξη και η άπωση, η πυξίδα και η μαγνητική βελόνα. Εδώ οι μαθητές καλούνται (βιβλίο του δασκάλου, σελ 192):

- Να διαπιστώσουν πειραματικά ότι οι ομώνυμοι πόλοι ενός μαγνήτη απωθούνται, ενώ οι ετερόνυμοι έλκονται.
- Να αναφέρουν ότι οι πόλοι του μαγνήτη ονομάζονται βόρειος και νότιος μαγνητικός πόλος.
- Να διαπιστώσουν πειραματικά ότι ένας ραβδόμορφος μαγνήτης ή μια μαγνητική βελόνα που μπορούν να περιστρέφονται ελεύθερα παίρνουν τη διεύθυνση Βορράς – Νότος.
- Να αναφέρουν ότι ο προσανατολισμός του μαγνήτη οφείλεται στο μαγνητικό πεδίο της Γης.

Στο τρίτο κεφάλαιο η ενασχόληση των μαθητών στρέφεται στους μόνιμους μαγνήτες, την πυξίδα, το πηνίο και τον ηλεκτρομαγνήτη. Οι διδακτικοί στόχοι του κεφαλαίου είναι (βιβλίο του δασκάλου, σελ. 194):

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι, όταν ένας αγωγός διαρρέεται από ρεύμα, αποκτά μαγνητικές ιδιότητες.
- Να κατασκευάσουν οι μαθητές ένα πηνίο και έναν ηλεκτρομαγνήτη και να συγκρίνουν τις μαγνητικές τους ιδιότητες.
- Να αναφέρουν οι μαθητές τουλάχιστον δύο εφαρμογές των ηλεκτρομαγνητών.

Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο αυτής της ενότητας, οι μαθητές μαθαίνουν για το δυναμό, τη γεννήτρια, την ανεμογεννήτρια, το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο και το ατμοηλεκτρικό εργοστάσιο. Οι διδακτικοί στόχοι του κεφαλαίου είναι (βιβλίο του δασκάλου, σελ. 197):

- Να περιγράψουν οι μαθητές με απλά λόγια την αρχή λειτουργίας της γεννήτριας.
- Να αναφέρουν οι μαθητές διάφορους τρόπους με τους οποίους μπορεί να περιστρέφεται ο μαγνήτης στις γεννήτριες.
- Να αναφέρουν οι μαθητές τους δύο βασικούς τύπους των εργοστασίων της ΔΕΗ και να εξηγήσουν με απλά λόγια την αρχή λειτουργίας τους.
- Να συνδέσουν οι μαθητές τα ηλεκτρικά με τα μαγνητικά φαινόμενα και να εξηγήσουν το νόημα της ονομασίας «ηλεκτρομαγνητισμός».

Μελετώντας, λοιπόν, τα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών όπως αυτά έχουν διαμορφωθεί για το δημοτικό σχολείο αλλά και τα βιβλία του δασκάλου, παρατηρούμε ότι ενώ στην Α΄

τάξη γίνεται κάποια αναφορά στην έννοια της ηλεκτρικής ενέργειας και πώς την συναντάμε στην καθημερινή μας ζωή, δεν γίνεται καμία άλλη αναφορά για κάποιο από τα υπό μελέτη φαινόμενα στην Β', Γ' και Δ' τάξη.

Φτάνοντας έπειτα οι μαθητές στην Ε' τάξη έρχονται σε επαφή με το φαινόμενο του Ηλεκτρισμού, μέσα από εννιά κεφάλαια. Τα δύο πρώτα αναφέρονται στον στατικό ηλεκτρισμό, ενώ τα υπόλοιπα εφτά αναφέρονται στον δυναμικό ηλεκτρισμό. Αυτό που συμβαίνει στην συγκεκριμένη ενότητα είναι ενώ το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών προτείνει μια μικροσκοπική προσέγγιση της έννοιας του φορτίου σε όλη την ενότητα του Ηλεκτρισμού, στο σχολικό βιβλίο η προσέγγιση αυτή επιτυγχάνεται μόνο στα δύο πρώτα κεφάλαια του στατικού ηλεκτρισμού, με τα υπόλοιπα κεφάλαια να μιλούν για όρους αρνητικού φορτίου ή ηλεκτρικού ρεύματος, χωρίς να γίνεται περαιτέρω εμβάθυνση στον μικρόκοσμο. Οι μαθητές καλούνται, λοιπόν, χωρίς να γνωρίσουν κάποιο μοντέλο του ατόμου, να διαχειριστούν έννοιες σε μικροσκοπικό επίπεδο και να κατασκευάσουν γνωστικά σχήματα γι' αυτές. Παρατηρείται, δηλαδή, μια ασυμφωνία ανάμεσα σε αυτά που προτείνει το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών και στις προς διδασκαλία έννοιες του σχολικού βιβλίου.

Περνώντας στη συνέχεια στην Στ' τάξη, μελετάται το φαινόμενο του Ηλεκτρομαγνητισμού μέσα από τέσσερα κεφάλαια. Τα δύο πρώτα σχετίζονται με τον μαγνητισμό και τα άλλα δύο με τον ηλεκτρομαγνητισμό σε μια προσπάθεια του σχολικού βιβλίου για σύνδεση των δύο αυτών φαινομένων. Η προσέγγιση που ακολουθείται εδώ είναι μελέτη των βασικών εννοιών τους μακροσκοπικά μέσα από πειράματα.

Λαμβάνοντας όλα αυτά υπόψη, σχεδιάσαμε μια μαθησιακή ακολουθία με σκοπό την ενοποίηση των τεσσάρων αυτών φαινομενικά αποκομμένων φαινομένων σε ένα ενιαίο φαινόμενο με τελικό στόχο την βαθύτερη κατανόηση του ηλεκτρομαγνητισμού.

3. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

3.1. Σκοπός της έρευνας

Η έρευνα έχει ως σκοπό να μελετήσει την εφαρμογή μιας διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας σε μια ομάδα παιδιών της Στ' τάξης ενός δημοτικού σχολείου, προκειμένου να επιτευχθεί η βαθύτερη κατανόηση του ηλεκτρομαγνητισμού. Η συγκεκριμένη ακολουθία, έφερνε αρχικά τους μαθητές σε επαφή με το φαινόμενο του μαγνητισμού, έπειτα περνούσαν στον στατικό ηλεκτρισμό και από εκεί στον δυναμικό, με τελικό προορισμό τον ηλεκτρομαγνητισμό. Ακόμη, σε όλη τη διαδρομή αυτή των μαθητών, θα εστιάσουμε στις δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές στις βασικές έννοιες του ηλεκτρομαγνητισμού, αλλά και του μαγνητισμού και του δυναμικού και στατικού ηλεκτρισμού ως άμεσα εμπλεκόμενα φαινόμενα. Έχοντας ως αφετηρία τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, όπως συναντώνται στη βιβλιογραφία, σχετικά με τις έννοιες αυτές, θα επιχειρηθεί η ανάδειξη και έπειτα η εννοιολογική αλλαγή τους προκειμένου να φτάσουν στην κατάκτηση της επιστημονικής γνώσης. Η πορεία προς αυτή την αλλαγή έχει μεγάλο εκπαιδευτικό ενδιαφέρον, καθώς τόσο οι δραστηριότητες όσο και τα υλικά έχουν επιλεγθεί για το σκοπό αυτό.

Αυτές οι πορείες μάθησης θα αποτελέσουν το αντικείμενο μελέτης της παρούσας έρευνας, περιγράφοντας και αναλύοντας όλα τα γνωστικά στάδια από τα οποία διέρχονται οι μαθητές κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών. Τα ερευνητικά ερωτήματα που οδηγούν την έρευνα είναι:

- Ποιος είναι ο βαθμός αποτελεσματικότητας της μαθησιακής πορείας που εφαρμόστηκε σε μαθητές της Στ' Δημοτικού;
- Ποιες εναλλακτικές ιδέες φαίνεται να έχουν οι μαθητές της Στ' Δημοτικού σχετικά με βασικές έννοιες του μαγνητισμού, του ηλεκτρισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού;
- Με ποιους τρόπους αντιμετωπίστηκαν οι εναλλακτικές ιδέες που εμφάνισαν οι μαθητές γύρω από τα φαινόμενα του μαγνητισμού, του ηλεκτρισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού;
- Άλλαξε η μαθησιακή ακολουθία που προτείνεται μετά το πέρας των διδακτικών επεισοδίων;

3.2. Δείγμα

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 4 μαθητές, 2 αγόρια και 2 κορίτσια, της Στ' τάξης ενός Δημοτικού Σχολείου του Βόλου. Η συγκεκριμένη ηλικιακή ομάδα επιλέχθηκε λόγω της ένταξης του κεφαλαίου του ηλεκτρομαγνητισμού στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών του Δημοτικού Σχολείου. Η επιλογή του δείγματος έγινε με τη βολική δειγματοληψία, δηλαδή με τέσσερις μαθητές που συμφώνησαν να συμμετέχουν στην έρευνα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η σχολική επίδοση των μαθητών, το μορφωτικό επίπεδο των γονέων, η κοινωνική προέλευση αλλά και το φύλο είναι μεταβλητές που δεν λήφθηκαν υπόψη στο σχεδιασμό της διδακτικής παρέμβασης.

3.3. Περιβάλλον και Υλικά

Η παρέμβαση πραγματοποιήθηκε στο Δημοτικό Σχολείο που φοιτούσαν οι μαθητές, σε μια αίθουσα που λειτουργούσε το ολοήμερο σχολείο. Η αρχική διάταξη των θρανίων ήταν σε σχήμα Π, ενώ υπήρχε και ένας πίνακας ως βοηθητικό εργαλείο. Για τις ανάγκες των διδασκαλιών, δύο θρανία ενώθηκαν με σκοπό οι μαθητές να σχηματίσουν μια ομάδα και να επικοινωνούν όλα τα μέλη μεταξύ τους. Ακόμη, χρησιμοποιήθηκαν δύο θρανία ως χώρος των υλικών, που ήταν κάθε φορά απαραίτητα για την εκτέλεση των δραστηριοτήτων.

Οι δραστηριότητες των διδασκαλιών σχεδιάστηκαν λαμβάνοντας υπόψη τα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών των Φυσικών Επιστημών για το δημοτικό σχολείο, ωστόσο διαφοροποιήθηκαν από αυτά όπου κρίθηκε αναγκαίο για την καλύτερη κατανόηση των μαθητών. Τέλος, τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτέλεσή τους ήταν απλά, καθημερινά και με μικρό κόστος. Ακόμη, δόθηκαν και φύλλα καταγραφής (Παράρτημα), ανάλογα των διδασκαλιών. Η επιλογή των υλικών έγινε με σκοπό να διευκολυνθεί η μάθηση των μαθητών, ενθαρρύνοντας τη συμμετοχή τους και συμβάλλοντας στην κατανόησή τους.

3.4. Σχεδιασμός

Ο σχεδιασμός που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την μελέτη, συναντάται στη σύγχρονη βιβλιογραφία ως Design Research (Έρευνα Σχεδίασης). Ο λόγος που επιλέχθηκε αυτός ο τύπος σχεδιασμού ήταν, αρχικά, η ενεργός εμπλοκή που επιδίωκε ο ερευνητής καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας, προκειμένου να κατανοήσει σε βάθος τις αντιλήψεις και τις ιδέες των υποκειμένων της έρευνας. Ακόμη, λαμβάνοντας υπόψη πως τα υποκείμενα θα ήταν μαθητές

του δημοτικού σχολείου και ο ερευνητής είχε την ικανότητα να αναλάβει το ρόλο του δασκάλου, η επιλογή αυτού του σχεδιασμού για την ανάπτυξη της έρευνας φάνηκε ως η μόνη αποτελεσματική επιλογή. Επιλέχθηκε, λοιπόν, η ποιοτική έρευνα ως η πλέον κατάλληλη, ενώ ο συγκεκριμένος σχεδιασμός οδήγησε και στην επιλογή του μικρού δείγματος εφαρμογής της έρευνας.

Η Έρευνα Σχεδίασης είναι ένα μεθοδολογικό παράδειγμα που εφαρμόζεται και αναπτύσσεται έντονα στην εκπαιδευτική έρευνα τα τελευταία 20 χρόνια. Μπορεί να οριστεί ως ένα σύνολο μεθοδολογικών προσεγγίσεων στις οποίες ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός και η έρευνα αλληλοεξαρτώνται. Από τη μία, ο σχεδιασμός των μαθησιακών καταστάσεων χρησιμεύει ως ένα πλαίσιο έρευνας. Από την άλλη, οι συνεχείς αναλύσεις και η τελική αναδρομική ανάλυση παρέχουν πληροφορίες για την ανάπτυξη και τη βελτίωση του σχεδιασμού (Cobb & Gravemeijer, in press). Ωστόσο, η παρούσα μελέτη αναπτύχθηκε κυρίως μέσα από το Teaching Experiment (Διδακτικό Πείραμα), όρος που αποτελεί ένα ιδιαίτερο είδος της Έρευνας Σχεδίασης.

Γενικά, ένα διδακτικό πείραμα περιλαμβάνει μια σειρά από διδακτικά επεισόδια, στα οποία συμμετέχουν ο ερευνητής – δάσκαλος, ένας ή περισσότεροι μαθητές, ένας ερευνητής - παρατηρητής και μια μέθοδος καταγραφής των όσων εμφανίζονται κατά τη διάρκεια των επεισοδίων (Steffe & Thompson, 2000). Αυτές οι καταγραφές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην προετοιμασία των επακόλουθων επεισοδίων καθώς επίσης και στη διεξαγωγή της αναδρομικής εννοιολογικής ανάλυσης του διδακτικού πειράματος. Η χρονική διάρκεια των επεισοδίων μπορεί να είναι μεταβλητή (π.χ. ώρες, ένα ακαδημαϊκό έτος), ενώ ο χώρος εφαρμογής μπορεί να ποικίλει από μικρές εργαστηριακές αίθουσες για συνεντεύξεις, σε ολόκληρες τάξεις ή ακόμα μεγαλύτερες εργαστηριακές εγκαταστάσεις (Molina et al., 2007).

Το κύριο χαρακτηριστικό αυτών των μελετών είναι η διαφοροποίηση μεταξύ δασκάλων και ερευνητών, λόγω του ενδιαφέροντος των ερευνητών να βιώσουν την εκμάθηση και τη συλλογιστική των μαθητών σε πρώτο πρόσωπο. Οι ερευνητές αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του συστήματος που μελετούν αλληλεπιδρώντας με αυτό. Αυτό όμως σημαίνει ότι στις παρεμβάσεις στην τάξη, ο ερευνητής – δάσκαλος πρέπει να επικεντρωθεί στην εξερεύνηση των τρόπων με τους οποίους δρουν οι μαθητές αλλά και το νόημα που δίνουν στις έννοιες που χρησιμοποιούν, αφήνοντας κατά μέρος τις δικές του εικασίες ή υποθέσεις.

Ως γενικός στόχος του διδακτικού πειράματος θεωρείται η μελέτη της ανάπτυξης των ιδεών και των νοητικών μοντέλων που κατέχουν οι μαθητές και οι δάσκαλοι, χωρίς όμως να

αποσκοπεί στη γενίκευση. Η εστίαση μπορεί να αφορά στην ανάπτυξη των μαθητών και των δασκάλων ή στην εξέλιξη των μαθησιακών διαδικασιών και δραστηριοτήτων, μεταξύ άλλων στοιχείων (Kelly & Lesh, 2000). Όπως εξηγεί ο Cobb και οι συνεργάτες του (2003), τα διδακτικά πειράματα ιδανικά έχουν ως αποτέλεσμα την καλύτερη κατανόηση μιας μαθησιακής οικολογίας – ένα πολύπλοκο, αλληλεπιδραστικό σύστημα που περιλαμβάνει πολλαπλά στοιχεία διαφορετικών τύπων και επιπέδων – σχεδιάζοντας τα στοιχεία του και προβλέποντας πώς αυτά τα στοιχεία λειτουργούν μαζί για να υποστηρίξουν την μάθηση. Τα στοιχεία μιας μαθησιακής οικολογίας τυπικά περιλαμβάνουν τις ασκήσεις ή τα προβλήματα που οι μαθητές καλούνται να λύσουν, τα είδη του λόγου που ενθαρρύνονται, τα πρότυπα συμμετοχής που καθιερώνονται, τα εργαλεία και τα σχετικά υλικά που παρέχονται, καθώς και τις πρακτικές μέσα με τις οποίες οι εκπαιδευτικοί μπορούν να εναρμονίσουν τις σχέσεις ανάμεσα σε αυτά τα στοιχεία.

Η παρούσα εργασία, λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία του Cobb και των συνεργατών του, εστιάζει περισσότερο στις δραστηριότητες που θα κληθούν να επεξεργαστούν οι μαθητές, στα εργαλεία και στα υλικά που θα τους παρέχονται, αλλά και στις πρακτικές που θα χρησιμοποιήσει ο ερευνητής προκειμένου να πετύχει την καλύτερη κατανόηση. Για το λόγο αυτό, σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν πέντε διδακτικά επεισόδια πάνω στα βασικά φαινόμενα που πραγματευόμαστε, όπως φαίνεται και στον πίνακα 1. Η συγκεκριμένη μαθησιακή ακολουθία επιλέχθηκε με σκοπό οι μαθητές να έρθουν αρχικά σε επαφή με έννοιες που είναι αρκετά γνώριμες σε αυτούς από την καθημερινή τους εμπειρία, όπως είναι αυτές του μαγνητισμού, και σταδιακά να περάσουν σε άλλες που είναι λιγότερο σαφείς και κατανοητές.

Πιο συγκεκριμένα, το 1^ο διδακτικό επεισόδιο αρχίζει με τον μαγνητισμό, καθώς έρευνες έχουν δείξει (Carruthers & de Berg 2010, Fedele et al. 2005) ότι οι μαθητές δεν δυσκολεύονται στην κατανόηση των εννοιών που περιλαμβάνει, αφού μέσα από την καθημερινή τους ζωή οι μαθητές έρχονται σε επαφή με μαγνητικά παιχνίδια και αντικείμενα, αλλά και επειδή η μαγνητική δύναμη είναι η μόνη δύναμη που δρα από απόσταση και εμφανίζεται στην καθημερινή τους ζωή. Η ακολουθία συνεχίζει με τον στατικό ηλεκτρισμό, περιλαμβάνοντας δύο διδακτικά επεισόδια. Το πρώτο εστιάζει στην έννοια του φορτίου ως προς τα είδη του και χωρίς να μπούμε σε μονοπάτια του μικρόκοσμου και το δεύτερο εστιάζει στο ηλεκτροσκόπιο και τη λειτουργία του σε μια προσπάθεια βαθύτερης κατανόησης του στατικού ηλεκτρισμού.

Σε αυτό το σημείο, οφείλουμε να αναφέρουμε ότι σύμφωνα με την αριθμ. 35/8-09-2016 Πράξη του Δ.Σ. του Ι.Ε.Π και σε ό, τι αφορά στην αναδιάρθρωση, στον εξορθολογισμό και στη διαχείριση της διδακτέας ύλης για το μάθημα των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο, προτείνεται το κεφάλαιο της Ε' τάξης που αναφέρεται στο ηλεκτροσκόπιο να μη διδαχθεί, καθώς οι πειραματικές διαδικασίες που περιέχονται στο σχολικό βιβλίο προκαλούν δυσκολίες στους μαθητές.

Ωστόσο, θεωρήσαμε ότι οι δραστηριότητες που σχεδιάσαμε για το συγκεκριμένο διδακτικό επεισόδιο δεν θα προκαλούσαν δυσκολίες στους μαθητές αλλά, όπως αναφέραμε, θα λειτουργούσε βοηθητικά στην καλύτερη κατανόηση της έννοιας του φορτίου.

Η ακολουθία συνεχίζει με το τέταρτο διδακτικό επεισόδιο και τη μελέτη του δυναμικού ηλεκτρισμού, σε μια προσπάθεια σύνδεσής του με τον στατικό, χωρίς να καταφεύγουμε σε περαιτέρω μελέτη του, αφού οι μαθητές επεξεργάστηκαν τις βασικές του έννοιες στην προηγούμενη τάξη. Τέλος, φτάνουμε στο πέμπτο διδακτικό επεισόδιο και τον ηλεκτρομαγνητισμό, εξετάζοντας τις βασικές του έννοιες στα πλαίσια του μακρόκοσμου.

Ο πίνακας 1 που ακολουθεί παρουσιάζει τους διδακτικούς στόχους που τέθηκαν σε κάθε διδακτικό επεισόδιο, τις δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν για την επίτευξή τους αλλά και τις εναλλακτικές ιδέες που αναμέναμε να εμφανίσουν οι μαθητές κατά τη διάρκεια των διδακτικών επεισοδίων.

Διδακτικά Επεισόδια	Διδακτικοί Στόχοι	Δραστηριότητες	Εναλλακτικές Ιδέες
1^ο Μαγνητισμός	Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά την ύπαρξη υλικών που έλκονται από έναν μαγνήτη αλλά και των υλικών που δεν έλκονται.	Καλάθι με διαφορετικά υλικά – μαγνήτης, για πρόβλεψη και δοκιμή των υλικών που έλκονται ή όχι με τον μαγνήτη	Ο βόρειος και ο νότιος μαγνητικός πόλος είναι το ίδιο με το θετικό και αρνητικό φορτίο.
	Να διαπιστώσουν ότι οι μαγνητικές δυνάμεις ασκούνται από απόσταση.	Σιδηρομαγνητικό υλικό – μαγνήτης, για έλεγχο της ιδιότητας του μαγνήτη να έλκει	

		ένα αντικείμενο και από απόσταση	Οι πόλοι βρίσκονται μόνο στα άκρα των μαγνητών. Οι μεγάλοι μαγνήτες είναι ισχυρότεροι από τους μικρούς. Οι καινούριοι μαγνήτες είναι ισχυρότεροι από τους παλιούς.
	Να διαπιστώσουν ότι η έλξη σε έναν μαγνήτη είναι πιο ισχυρή στα άκρα του.	Μαγνήτης – 3 συνδετήρες, τοποθετημένοι 2 στα άκρα και 1 στο κέντρο, για έλεγχο της έλξης των άκρων του μαγνήτη.	
	Να διαπιστώσουν ότι οι μαγνητικές δυνάμεις ενός μαγνήτη δεν εξαρτώνται ούτε από το μέγεθος ούτε από τη χρήση του.	α) 2 μαγνήτες διαφορετικού μεγέθους – συνδετήρες, για έλεγχο ποιος θα έλξει περισσότερους. β) 2 μαγνήτες με διαφορετικό βαθμό χρήσης – συνδετήρες, για έλεγχο ποιος θα έλξει περισσότερους.	
	Να διαπιστώσουν ότι οι ομώνυμοι πόλοι ενός μαγνήτη απωθούνται, ενώ οι ετερόνυμοι έλκονται.	Ζευγάρι μαγνητών για πειραματισμό – παιχνίδι με τους πόλους τους.	
2^ο Στατικός Ηλεκτρισμός	Να αναφέρουν οι μαθητές ότι το πλαστικό καλαμάκι, όταν τρίβεται με ένα χαρτομάντιλο, φορτίζεται αρνητικά.	2 καλαμάκια – χαρτομάντιλο, φόρτιση με τριβή για έλεγχο της άπωσης μεταξύ τους.	Δεν ξεχωρίζουν τις ηλεκτρικές από τις μαγνητικές έλξεις.
	Να αναφέρουν ότι η γυάλινη ράβδος, όταν	Καλαμάκι – χαρτομάντιλο,	Σκέφτονται το φορτίο ως αντικείμενο παρά

	τρίβεται με μάλλινο ύφασμα, φορτίζεται θετικά.	γυάλινη ράβδος – μεταξωτό ύφασμα, φόρτιση με τριβή για έλεγχο της έλξης μεταξύ τους.	ως ιδιότητα της ύλης. Σκέφτονται το «ουδέτερο» ως ένα τρίτο είδος φορτίου.
	Να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι τα ομώνυμα φορτία απωθούνται, ενώ τα ετερόνυμα έλκονται.	α) 2 μπαλόνια – μάλλινο ύφασμα, φόρτιση με τριβή για έλεγχο της άπωσης μεταξύ όμοιων φορτίων β) μπαλόνι – μάλλινο ύφασμα, φόρτιση με τριβή για έλεγχο της έλξης μεταξύ ετερόνυμων φορτίων	Τα ουδέτερα αντικείμενα δεν έχουν φορτίο. Τα φορτισμένα αντικείμενα περιέχουν μόνο ένα είδος φορτίου.
	Να αναφέρουν ότι όταν τρίβουμε δύο αντικείμενα μεταξύ τους, μεταφέρεται φορτίο από το ένα αντικείμενο στο άλλο.	Αλουμινένιο τενεκεδάκι – πλαστικός σωλήνας, φόρτιση με τριβή του σωλήνα και έλεγχος για άπωση μεταξύ τους, επεξήγηση της «πορείας» του φορτίου	
3^ο Στατικός Ηλεκτρισμός	Να κατασκευάσουν οι μαθητές ένα ηλεκτροσκόπιο και να διαπιστώσουν πειραματικά τον τρόπο λειτουργίας του.	α) Κατασκευή ηλεκτροσκοπίου και παιχνίδια με διάφορα φορτισμένα αντικείμενα β) Φόρτιση	Ιδέες ίδιες με το προηγούμενο επεισόδιο

		ηλεκτροσκοπίου με επαφή και παιχνίδια με διάφορα φορτισμένα αντικείμενα	
4° Δυναμικός Ηλεκτρισμός	Να αναφέρουν οι μαθητές ότι η μπαταρία είναι πηγή ενέργειας.	Συζήτηση γύρω από την μπαταρία (ρόλος, λειτουργία κλπ.)	Η μπαταρία είναι πηγή ρεύματος, ηλεκτρισμού, ισχύς. Το ηλεκτρικό ρεύμα είναι συνώνυμο του ηλεκτρισμού και της ηλεκτρικής ενέργειας.
	Να αναφέρουν ότι η κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων ονομάζεται ηλεκτρικό ρεύμα.	Σύνδεση στατικού ηλεκτρισμού με δυναμικού μέσα από ένα απλό κύκλωμα.	
	Να διαπιστώσουν οι μαθητές πως σε ένα κλειστό απλό κύκλωμα το λαμπάκι θα ανάψει.	Πείραμα με απλό ηλεκτρικό κύκλωμα.	
5° Ηλεκτρομαγνητισμός	Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι όταν ένας αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, αποκτά μαγνητικές ιδιότητες.	Πειράματα με πυξίδες, αγωγούς, μπαταρίες, για έλεγχο της μαγνητικής ιδιότητας του ηλεκτρικού ρεύματος	
	Να κατασκευάσουν οι μαθητές ένα πηνίο και ένα ηλεκτρομαγνήτη	Πειράματα με αγωγούς, καρφιά, συνδετήρες μπαταρίες, για κατασκευή πηνίου και	

		ηλεκτροσκοπίου και έλεγχο της δράσης τους σε συνδετήρες	
--	--	---	--

Πίνακας 1: Βασικές ιδέες των διδακτικών επεισοδίων.

Η χρονική διάρκεια κάθε διδακτικού επεισοδίου ήταν δύο διδακτικές ώρες και πραγματοποιήθηκαν σε ώρες που δεν επηρέαζαν την διδασκαλία άλλων γνωστικών αντικείμενων.

Σε κάθε διδακτικό επεισόδιο συμμετείχαν ο ερευνητής σε ρόλο δασκάλου, ένας παρατηρητής, ο οποίος βοηθούσε τον ερευνητή – δάσκαλο στην καλύτερη κατανόηση των μαθητών του, καταγράφοντας σημαντικά γλωσσικά αλλά και εξωγλωσσικά στοιχεία, η ομάδα των τεσσάρων μαθητών και ένα μαγνητοφωνάκι ως μέσο καταγραφής των όσων ειπώθηκαν σε αυτά τα επεισόδια. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήσαμε μια μικρής κλίμακας εκδοχή μιας μαθησιακής οικολογίας, η οποία μπορεί να μελετηθεί σε βάθος και λεπτομερώς.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε σε κάθε επεισόδιο είναι να δίνεται στους μαθητές ένα φύλλο εργασίας που περιελάμβανε τις δραστηριότητες τις οποίες καλούνταν να επεξεργαστούν οι μαθητές. Στην αρχή, ο ερευνητής – δάσκαλος εξηγούσε τις έννοιες του κάθε επεισοδίου στους μαθητές, ώστε να βγάλει στην επιφάνεια τις ιδέες και τις αντιλήψεις τους σχετικά με τις υπό μελέτη έννοιες. Τις ιδέες αυτές προσπαθούσε έπειτα είτε να τις εμπλουτίσει, αν συμφωνούσαν με τις επιστημονικές, είτε να τις αναθεωρήσει αν απείχαν από αυτές. Οι δραστηριότητες των επεισοδίων είχαν την μορφή πειράματος, τα οποία καλούνταν να εκτελέσουν οι μαθητές με την βοήθεια υλικών που τους παρέχονταν. Έστερα, κατέγραφαν τις παρατηρήσεις τους στο φύλλο εργασίας και συζητούσαν στην ολομέλεια τα αποτελέσματά τους. Ο ερευνητής – δάσκαλος είχε ενθαρρυντικό και βοηθητικό ρόλο στην όλη διαδικασία.

3.5. Συλλογή Δεδομένων

Τα δεδομένα που συλλέχτηκαν από τα διδακτικά επεισόδια περιγράφουν τις αλληλεπιδράσεις της ομάδας των μαθητών, τις αντιλήψεις και τις ιδέες που ανέπτυξαν σε όλα τα φαινόμενα που μελετήθηκαν, αλλά και τους αναστοχασμούς και σκέψεις του ερευνητή –

δασκάλου και τις αποφάσεις που πάρθηκαν κατά τη διάρκεια της ερευνητικής διαδικασίας. Για τη συλλογή όλων αυτών των πληροφοριών χρησιμοποιήθηκε ως μέσο καταγραφής των επεισοδίων ένα μαγνητόφωνο, ενώ υλικό προς επεξεργασία αποτέλεσαν και οι παρατηρήσεις – σχόλια του παρατηρητή. Ακόμη, σημαντικά στοιχεία αντλήσαμε και από τα ατομικά φύλλα καταγραφής που δόθηκαν για κάθε φαινόμενο στους μαθητές.

4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

4.1. Εισαγωγή

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, στο διδακτικό πείραμα εκτελούνται δύο τύποι ανάλυσης δεδομένων σε διαφορετικές στιγμές της ερευνητικής διαδικασίας. Η προκαταρκτική ανάλυση, που συνίσταται στην ανάλυση των δεδομένων μετά από κάθε παρέμβαση στην τάξη, οδηγεί στη λήψη αποφάσεων σχετικά με μελλοντικές παρεμβάσεις και διευκολύνει την αναθεώρηση και την ανάπτυξη των υποθέσεων και εικασιών των ερευνητών. Η τελική αναδρομική ανάλυση, που αποτελεί την ανάλυση όλων των στοιχείων που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της ερευνητικής διαδικασίας, οδηγεί στην κατασκευή μιας συνεκτικής ιστορίας της εξέλιξης των εικασιών των ερευνητών και της εξέλιξης της συμπεριφοράς των μαθητών, της σκέψης και της απόδοσης σε όλες τις παρεμβάσεις στην τάξη (Molina, et.al, 2007)

Η ανάλυση των δεδομένων στην παρούσα μελέτη ήταν ποιοτική καθώς ο σκοπός της ήταν να περιγράψει με μεγάλη λεπτομέρεια την σκέψη των μαθητών, χωρίς να στοχεύει στην παροχή γενικεύσεων αλλά σε πλούσιες περιγραφές των επιδόσεων και της εξέλιξης των μαθητών σε σχέση με τον ερευνητικό μας στόχο. Ως προς το πρώτο είδος ανάλυσης, καθ' όλη τη διάρκεια των επεισοδίων επιχειρήθηκε η επεξεργασία των δεδομένων όπως συλλέγονταν από κάθε διδακτικό επεισόδιο, προκειμένου να διαμορφωθούν κατάλληλα τα επόμενα επεισόδια. Το κομμάτι εκείνο που οφείλουμε να σταθούμε είναι το δεύτερο είδος ανάλυσης, όπου φανερώθηκαν όλα τα στοιχεία που εξετάζαμε στην έρευνα.

Παρακάτω παραθέτουμε τον τρόπο ανάλυσης των δεδομένων που ακολουθήθηκε από τη στιγμή που τελείωσαν τα διδακτικά επεισόδια:

Πρώτο βήμα της όλης διαδικασίας ήταν η απομαγνητοφώνηση των ηχογραφήσεων των μαθημάτων, προκειμένου να είναι επεξεργάσιμα τα δεδομένα. Εφόσον το μόνο μέσο καταγραφής που χρησιμοποιήθηκε ήταν το μαγνητόφωνο, το μεγαλύτερο μέρος των δεδομένων συλλέχτηκε από αυτό. Η μεταγραφή των ηχητικών ντοκουμέντων σε γραπτών έγινε αρχικά στον επεξεργαστή κειμένου Word και στη συνέχεια μεταφέρθηκαν στο πρόγραμμα Atlas.ti, για την μετέπειτα ανάλυσή τους.

Επόμενο βήμα ήταν η κωδικοποίηση των στοιχείων που αφορούσαν την έρευνα, αφού πρώτα έγινε η εκτενής ανάγνωση των επεισοδίων και η καταγραφή σχολίων που θα βοηθούσαν αργότερα στην κωδικοποίηση. Οι βασικές κατηγορίες της κωδικοποίησης ήταν δύο: η επιστημονική ιδέα και η εναλλακτική ιδέα, χωρισμένες για κάθε μαθητή με τον δικό

του κωδικό. Έπειτα, από τις κατηγορίες που προέκυψαν εστιάσαμε στις πιο σημαντικές ιδέες, σε εκείνες που είχαν κάτι να μας πουν. Ακολούθησε η περαιτέρω ανάλυσή τους, ως προς το γιατί ειπώθηκαν, σε ποιο πλαίσιο, από ποιον κλπ., και καταγράφηκαν σε ξεχωριστό αρχείο.

Στη συνέχεια, επιχειρήθηκε ο σχεδιασμός της μαθησιακής πορείας που ακολουθήθηκε σε όλα τα διδακτικά επεισόδια, συμπεριλαμβανομένου δραστηριότητες, επιστημονικές και εναλλακτικές ιδέες, προκειμένου να γίνει εύκολα αντιληπτή η σειρά εμφάνισης των ιδεών αλλά και οι τρόποι αντιμετώπισής τους. Έτσι, προέκυψε ένα σχεδιάγραμμα με όλα τα βασικά στοιχεία των διδασκαλιών, το οποίο λειτούργησε ως βασικό εργαλείο της ανάλυσης. Είχαμε φτάσει στο σημείο πια να αναλύσουμε με περισσότερες λεπτομέρειες και με σειρά μαθημάτων τις ιδέες που εμφανίστηκαν, ώστε να ολοκληρώσουμε την ανάλυσή μας.

4.2. Κατηγορίες Ανάλυσης

Πραγματοποιήθηκαν πέντε διδασκαλίες σχετικά με βασικές έννοιες του ηλεκτρισμού, του μαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού σε τέσσερις μαθητές της Στ' τάξης. Όπως αναφέραμε, σε πρώτο στάδιο, διερευνήθηκαν οι ιδέες που εμφάνισαν οι μαθητές καθ' όλη τη διάρκεια των διδασκαλιών και χωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες με κριτήριο τη συμφωνία τους ή όχι με τις ορθά επιστημονικές. Στην μία κατηγορία ανήκουν οι **επιστημονικές ιδέες**, δηλαδή οι ιδέες εκείνες που συμφωνούν με τις επιστημονικά αποδεκτές, και στην άλλη κατηγορία ανήκουν οι **εναλλακτικές ιδέες** και είναι αυτές που αποκλίνουν από τις επιστημονικά αποδεκτές.

Στη συνέχεια αναφέρονται μερικά ενδεικτικά παραδείγματα, ώστε να γίνει αντιληπτός ο διαχωρισμός μιας ιδέας σε μία από τις δύο κατηγορίες.

Στη δεύτερη διδασκαλία οι μαθητές κλίθηκαν να εκτελέσουν ένα πείραμα με αντικείμενα μελέτης δύο μπαλόνια. Οι μαθητές αφού φόρτισαν τα δύο μπαλόνια μέσω της τριβής τους με ένα μάλλινο ύφασμα, τους ζητήθηκε να πλησιάσουν τα δύο μπαλόνια και να παρατηρήσουν τη συμπεριφορά τους. Αφού τελείωσαν το πείραμα, εμφανίστηκε ο παρακάτω διάλογος:

«Ερ: Βλέπεις ότι το μπαλονάκι σου γυρίζει; Γυρίζει από την άλλη δεν το αφήνει να ακουμπήσει, πάει από την πίσω μεριά.»

Αγ: Έλα.

Ερ: Γιατί συμβαίνει αυτό ποιος θα μου πει; Ποιος μπορεί να μου εξηγήσει;

Αγ: Γιατί έχουν φορτιστεί και τα δύο με την ίδια..

Γεωρ: Ναι είναι και τα δύο το ίδιο.

Αγ: Με το ίδιο φορτίο;»

Η ιδέα που εμφανίστηκε είναι ότι αν πλησιάσουμε μεταξύ τους δύο αντικείμενα που έχουν ίδιο φορτίο, τότε αυτά θα απωθούνται. Επειδή συνάδει με την επιστημονική γνώση περί άπωσης όμοιων φορτίων, την ιδέα αυτή την κατατάσσουμε στις επιστημονικές.

Στο τέλος της δεύτερης διδασκαλίας ζητήθηκε από τους μαθητές να προβλέψουν τη συμπεριφορά από ένα αλουμινένιο τενεκεδάκι, αν πλησιάζανε σε αυτό ένα φορτισμένο πλαστικό σωλήνα. Η ιδέα που εμφανίστηκε είναι ότι για να δράσουν μεταξύ τους τα δύο αντικείμενα πρέπει να είναι φορτισμένα. Ο παρακάτω διάλογος μεταξύ δύο μαθητών δείχνει τη σύγχυση που παρουσιάστηκε:

«Αγ: Κι εγώ θα έλκονται έβαλα γιατί;

Γεωρ: Δεν είμαι σίγουρη, μπορεί να μην έλκονται, γιατί δεν τρίψαμε το τενεκεδάκι.

Αγ: Ε μετά θα γράψεις. Ναι αφού το ένα είναι από πλαστικό και το άλλο είναι από άλλο..

Γεωρ: Ναι όμως δεν το 'τριψες.

Αγ: Αφού λέει ότι θα το τρίψουμε ή όχι..;»

Η ιδέα αυτή, ότι δηλαδή για να έλκονται ή για να απωθούνται δύο αντικείμενα μεταξύ τους, πρέπει και τα δύο αντικείμενα να είναι φορτισμένα, κατατάσσεται στις εναλλακτικές ιδέες, καθώς δεν αποτελεί ορθή επιστημονική γνώση.

Σε δεύτερο στάδιο, μετά τον διαχωρισμό των ιδεών, μελετήθηκε πώς διαμορφώθηκαν τελικά οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών μετά την εμφάνισή τους στις διδασκαλίες. Λαμβάνοντας υπόψη τη Βοσνιάδου (1994) και τους τρόπους εννοιολογικής αλλαγής των ιδεών, εστίασαμε στην πορεία τους με σκοπό να διευκρινιστεί αν στράφηκαν ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας προς μια επιστημονικά συμβατή γνώση ή αν ήταν τόσο ισχυρές που παρέμειναν και μετά τη διδασκαλία. Παραθέτουμε ένα σχετικό παράδειγμα:

Στην πρώτη διδασκαλία οι μαθητές έπρεπε να προβλέψουν τη συμπεριφορά διάφορων υλικών, όταν πλησιάζαμε σε αυτά έναν μαγνήτη. Η εναλλακτική ιδέα που εμφανίστηκε από δύο μαθητές ήταν ότι ο μαγνήτης δρα με το ατσάλι. Μετά από την δοκιμή του υλικού με τον μαγνήτη, παρατηρούμε τη στροφή της εναλλακτικής αυτής ιδέας προς την επιστημονική, δηλαδή ότι ο μαγνήτης δρα μόνο με σιδηρομαγνητικά υλικά και επομένως δεν υπάρχει καμιά δράση μεταξύ του μαγνήτη και του ατσαλιού. Παραθέτουμε τον σχετικό διάλογο από την δοκιμή των μαθητών:

«Αγ: Όχι. Πού είναι το κουτάλι;
Στ: Καλαμάκι όχι.
Αγ: Να το!
Γεωρ: Τότε λάθος βάλαμε.
Αγ: Άρα σωστά είχα βάλει δεν έλκεται.»

Βλέπουμε, δηλαδή, ότι μέσα από τον πειραματισμό και την παρατήρηση οι μαθητές άλλαξαν την εναλλακτική τους ιδέα, χωρίς τη βοήθεια του δασκάλου – ερευνητή.

Εξετάζοντας και τις άλλες δύο πηγές άντλησης των δεδομένων, αναφέρουμε ότι τα ατομικά φύλλα καταγραφής των μαθητών χρησίμευσαν ως μέσο αξιολόγησης των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, ώστε να διαπιστωθεί η αλλαγή τους ή όχι προς την επιστημονικά συμβατή γνώση. Από την άλλη, οι σημειώσεις του παρατηρητή έδωσαν περισσότερα δεδομένα ως προς τις διαπροσωπικές σχέσεις των παιδιών και λιγότερα ως προς τις ιδέες τους.

Παρακάτω παρουσιάζουμε τις μαθησιακές πορείες των μαθητών όπως προέκυψαν μέσα από τις διδασκαλίες, ξεχωριστά για κάθε μία από αυτές, με τη μορφή σχεδιαγράμματος. Στο σχεδιάγραμμα εμφανίζονται οι επιστημονικές και οι εναλλακτικές ιδέες που εμφάνισαν οι μαθητές κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών αλλά και οι δραστηριότητες στις οποίες εμφανίστηκαν. Ακόμη, όσον αφορά τις εναλλακτικές ιδέες, παρουσιάζονται και οι τρόποι αντιμετώπισης αυτών από τη μεριά του ερευνητή. Ακολουθεί, έπειτα, η ανάλυση των βασικότερων επιστημονικών αλλά και εναλλακτικών ιδεών με τον τρόπο που υποδείξαμε παραπάνω.

4.3. Περιγραφή μαθησιακής πορείας

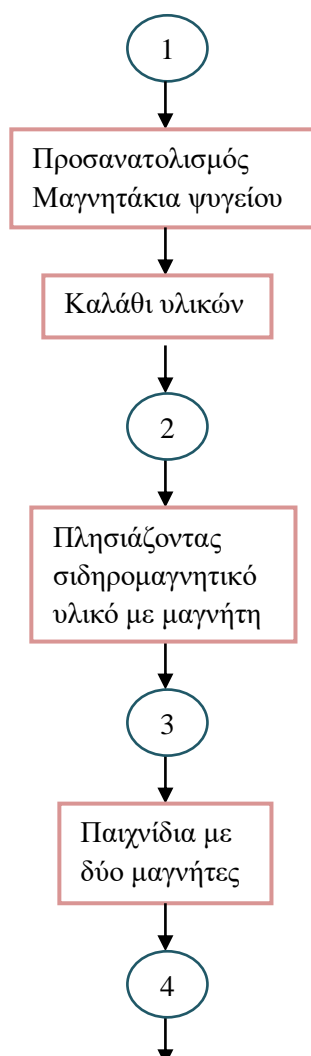
Διδακτικό Επεισόδιο 1: Μαγνητισμός

Η πρώτη διδασκαλία εστίαζε στο φαινόμενο του μαγνητισμού και εξέταζε τις βασικές έννοιες που συναντάμε στο δημοτικό σχολείο. Αρχίζοντας από τις επιστημονικές ιδέες όπως αναπτύχθηκαν από τους μαθητές, ήταν αναμενόμενες, αφού όπως ήδη αναφέραμε ο μαγνητισμός είναι ένα φαινόμενο οικείο στους μαθητές από την καθημερινή τους ζωή. Παρότι έχουν περιγραφεί και στον Πίνακα 1, αναφέρουμε επιγραμματικά τις ιδέες που εμφανίστηκαν: ο μαγνήτης δεν δρα με μη σιδηρομαγνητικά υλικά (1), ο μαγνήτης δρα μόνο

με σιδηρομαγνητικά υλικά (2), ο μαγνήτης δρα και από απόσταση (3) και οι ομώνυμοι πόλοι του μαγνήτη απωθούνται, ενώ οι ετερόνυμοι έλκονται (4).

Το σημείο εκείνο που οφείλουμε να σχολιάσουμε στην πρώτη διδασκαλία είναι αυτό όπου δύο μαθητές θεώρησαν πως το ατσάλι είναι ένα υλικό που δρα με το μαγνήτη. Η ιδέα αυτή εμφανίστηκε στο πλαίσιο της πρώτης δραστηριότητας, όπου δόθηκε στους μαθητές ένα καλάθι από διάφορα υλικά με σκοπό να ελέγξουν αν αλληλεπιδρούν ή όχι με ένα μαγνήτη. Ενώ φάνηκε ότι οι μαθητές δεν δυσκολεύτηκαν να κατατάξουν τα υλικά σε εκείνα που δρουν και σε εκείνα που δεν δρουν με ένα μαγνήτη, το ατσάλι τους μπερδέψε, ίσως έχοντας στο μυαλό τους ότι είναι φτιαγμένο από μέταλλο. Η συγκεκριμένη εναλλακτική ιδέα εμφανίστηκε πριν την δοκιμή τους με το συγκεκριμένο υλικό στο στάδιο της πρόβλεψης και όπως είδαμε παραπάνω άλλαξε προς την επιστημονική έπειτα από τη δοκιμή.

Παρακάτω παραθέτουμε σχηματικά τη μαθησιακή πορεία του 1^{ου} διδακτικού επεισοδίου:



Εικόνα 9: Σχεδιάγραμμα μαθησιακής πορείας του Διδακτικού Επεισοδίου 1. Το μπλε κυκλικό σχήμα αναπαριστά τις επιστημονικές ιδέες που εμφάνισαν οι μαθητές, το κόκκινο ορθογώνιο παραλληλόγραμμο σχήμα δείχνει τις δραστηριότητες στις οποίες εμφανίστηκαν οι ιδέες και τα βέλη στο κέντρο του σχήματος δείχνουν την πορεία του σχήματος και κατ' επέκταση της διδασκαλίας.

Διδακτικό Επεισόδιο 2: Στατικός Ηλεκτρισμός

Στη δεύτερη διδασκαλία οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με βασικές έννοιες του στατικού ηλεκτρισμού. Από την αρχή του μαθήματος φάνηκε ότι είχαν κάποιες γνώσεις γύρω από το φαινόμενο αυτό. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της αφόρμησης του μαθήματος εμφανίστηκε η επιστημονική ιδέα ότι αν ένα αντικείμενο τριφτεί με ένα άλλο κατάλληλο αντικείμενο, τότε αυτό θα ηλεκτριστεί (5). Η ιδέα αυτή ενισχύθηκε και στην πρώτη δραστηριότητα όπου οι μαθητές πειραματίστηκαν με τη συμπεριφορά από δύο φορτισμένα καλαμάκια. Οι όροι που αναφέρθηκαν ήταν αυτός της «ηλέκτρισης», του «ηλεκτρισμού» και του «στατικού ηλεκτρισμού», όροι που δείχνουν την κατανόηση των μαθητών του φαινομένου που μελετάμε. Ένα σχετικό παράδειγμα είναι το παρακάτω:

«Ερ: [...] τι πιστεύετε ότι θα συμβεί, αν τρίψω το ύφασμά μου το μάλλινο με το καλαμάκι..

Στ: Θα ηλεκτριστεί;»

Γεωρ: Το είχαμε κάνει. Θα κολλήσουν τα χαρτάκια.

Αγ: Ααα..

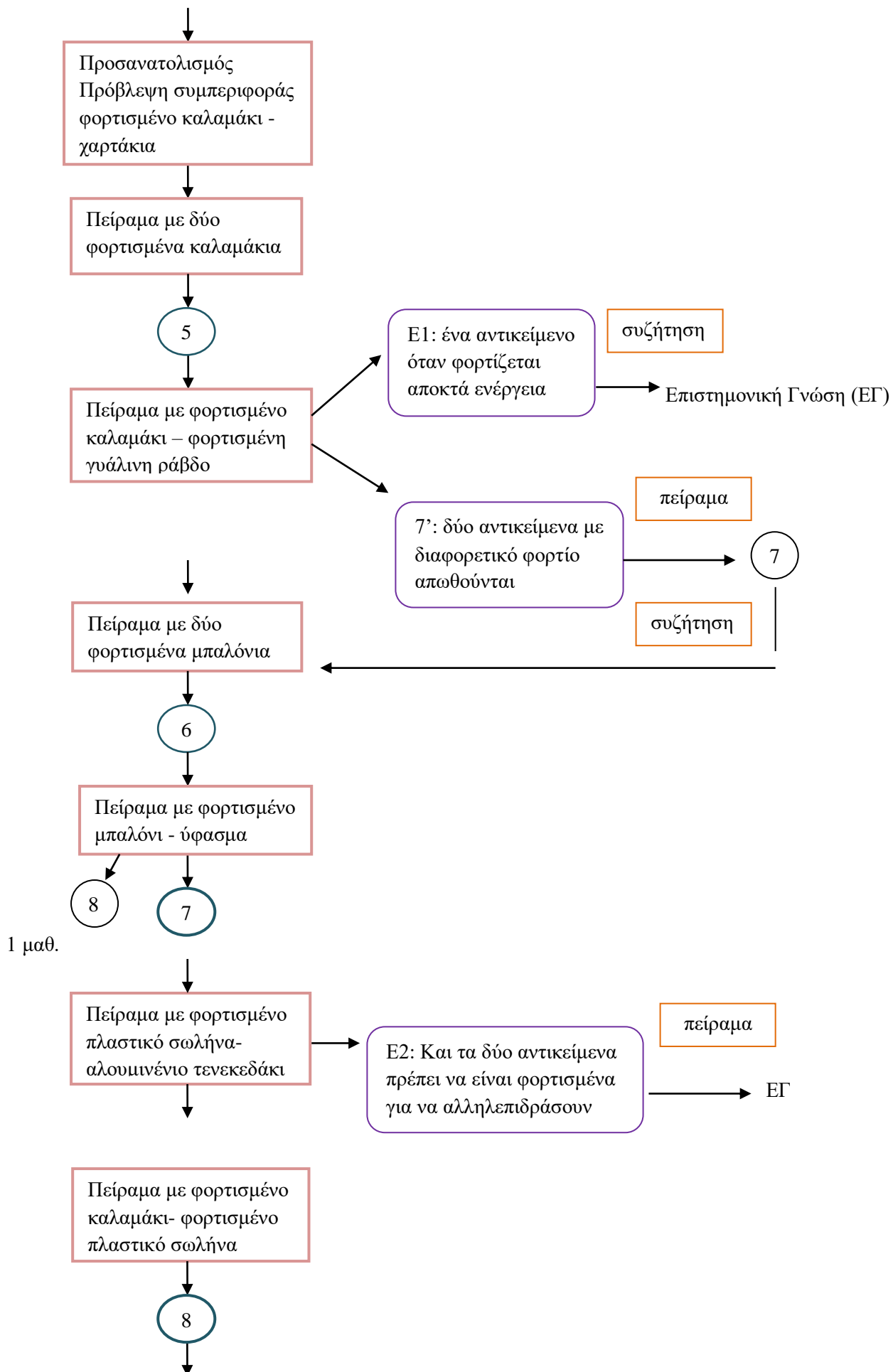
Στ: Θα κολλήσουν τα χαρτάκια στο καλαμάκι.

Ερ: ..και μετά πλησιάσω..

Αγ: Θα κολλήσουν τα χαρτάκια.»

Άλλες επιστημονικές ιδέες που κατακτήθηκαν από τους μαθητές κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων ήταν ότι αν πλησιάσουμε μεταξύ τους δύο αντικείμενα που έχουν το ίδιο φορτίο, τότε αυτά θα απωθούνται (6), αν πλησιάσουμε μεταξύ τους δύο αντικείμενα που έχουν διαφορετικό φορτίο, τότε αυτά θα έλκονται (7) και το φορτίο μεταφέρεται από το ένα αντικείμενο στο άλλο (μέσω της τριβής ή της επαφής) (8).

Παραθέτουμε το σχεδιάγραμμα της μαθησιακής πορείας του επεισοδίου, ώστε να γίνουν εμφανείς οι ιδέες των μαθητών:



Εικόνα 10: Σχεδιάγραμμα μαθησιακής πορείας Διδακτικού Επεισοδίου 2. Εκτός από τα σχήματα που αναφέραμε παραπάνω, στο μωβ σχήμα αναπαριστώνται οι εναλλακτικές ιδέες αριθμημένες είτε ως το αντίθετο των επιστημονικών ιδεών, είτε με το αρχικό γράμμα Ε και έναν αριθμό, όταν πρόκειται για μια νέα ιδέα που δεν αντιστοιχεί σε καμία επιστημονική. Τα βέλη αριστερά και δεξιά του κεντρικού κορμού του σχεδιαγράμματος δείχνουν τις επιστημονικές και τις εναλλακτικές ιδέες που δεν μοιράζονται όλοι οι μαθητές. Σε κάθε εναλλακτική ιδέα που εμφανίζεται, ακολουθεί και ακόμη ένα βέλος που δείχνει τον τρόπο αντιμετώπισης της με σκοπό την τελική στροφή της προς την επιστημονικά συμβατή ιδέα.

Ως προς τις εναλλακτικές ιδέες που εξέφρασαν οι μαθητές, κατά τον πειραματισμό τους με ένα φορτισμένο καλαμάκι και μια φορτισμένη γυάλινη ράβδο, παρουσιάστηκαν οι εξής δύο: η πρώτη, που εμφανίστηκε από ένα μαθητή, ήταν ότι αν πλησιάσουμε μεταξύ τους δύο αντικείμενα που έχουν διαφορετικό φορτίο, τότε αυτά θα απωθούνται (7'). Ο μαθητής θεώρησε πως όπως και στην αρχή με τα καλαμάκια, πάλι θα απωθούνταν τα δύο αντικείμενα όταν τα πλησιάσουμε μεταξύ τους, παρότι τώρα πρόκειται για δύο διαφορετικά αντικείμενα. Το απόσπασμα είναι το εξής:

«Ερ: Από την ακρούλα που τρίψαμε, ε; Από..Γιατί η άλλη δεν είναι..

Γεωρ: Κολλάει.

Στ: Ακουμπάει.

Αγ: Έπρεπε να απωθούνται. Νομίζω.»

Ερ: Έλκονται αυτή τη φορά.

Αγ: Α!»

Στο παραπάνω απόσπασμα, αλλά και σε αυτό που ακολουθεί παρακάτω, βλέπουμε πώς άλλαξε η ιδέα του μαθητή μέσα από την εκτέλεση του πειράματος. Διαπίστωσε πως τα δύο διαφορετικά αντικείμενα έλκονται όταν τα πλησιάσουμε μεταξύ τους, σε αντίθεση με τα δύο ίδια αντικείμενα που παρατήρησε στο προηγούμενο πείραμα και απωθούνταν. Το απόσπασμα είναι:

«Ερ: Έλκονται αυτή τη φορά με τη γυάλινη ράβδο. Πριν είχαμε πάρει δύο καλαμάκια. Ήταν ίδια. Και τα τρίψαμε και τα δύο με το χαρτομάντιλό μας. Τώρα πήραμε το χαρτομάντιλο με το καλαμάκι μας και αυτό το δεύτερο αντικείμενο που σας έχω φέρει είναι μια γυάλινη ράβδος..Είναι γυάλι..Είναι γυάλινη η ράβδος. Και την τρίψαμε με το μάλλινό μας ύφασμα. Και τι παρατηρήσαμε αυτή τη φορά;

Αγ: Ότι έλκονται.»

Η δεύτερη εναλλακτική ιδέα που εμφανίστηκε από έναν άλλον μαθητή ήταν ότι αυτό που αποκτά ένα αντικείμενο όταν φορτιστεί είναι ενέργεια (Ε1). Μετά την εκτέλεση των δύο πειραμάτων που αναφέρθηκαν, ζητήθηκε από τους μαθητές να εξηγήσουν με όρους φορτίου τι συνέβη στα δύο πειράματα που εκτέλεσαν. Ο μαθητής στην προσπάθειά του να εξηγήσει τι

συμβαίνει όταν πλησιάσουμε δύο διαφορετικά φορτισμένα αντικείμενα, ανέφερε ότι όταν φορτίζουμε ένα αντικείμενο αυτό αποκτά ενέργεια, η οποία μάλιστα μπορεί να είναι είτε θετική, είτε αρνητική. Δεν είχε κατανοήσει την έννοια του φορτίου και τον ρόλο που παίζει στην φόρτιση των αντικειμένων και προτίμησε την έννοια της ενέργειας ως κατάλληλη για την αιτιολόγηση του φαινομένου που ήταν και πιο γνώριμη σε αυτόν. Από την άλλη όμως, θυμόταν ότι μπορούμε να φορτίσουμε ένα αντικείμενο είτε θετικά είτε αρνητικά, γι' αυτό και ο προσδιορισμός της ενέργειας ως τέτοιας. Παραθέτουμε το σχετικό απόσπασμα:

«Ερ: Στην αρχή είχαμε το καλαμάκι μας και το χαρτομάντιλο πρώτα.

Γιαν: Ναι.

Ερ: Και μετά τη γυάλινη ράβδο. Ναι πες μου εσύ.

Γιαν: Το πλαστικό καλαμάκι το είχαμε φορτίσει με την αρνη..αρνητική, αρνητική ενέργεια..

Ερ: Ναι..

Γιαν: Και τη γυάλινη με θετική.

Ερ: Ναι..

Γιαν: Οπότε..έλκονταν.»

Μετά από αυτή τη δήλωση του μαθητή περί ενέργειας στα αντικείμενα, ακολούθησε ερώτηση της ερευνήτριας, ώστε να προτρέψει τον μαθητή να σκεφτεί ξανά την απάντησή του. Με τη βοήθεια ενός συμμαθητή του, που του θύμισε πως πρόκειται για φορτία που μεταφέρονται στα αντικείμενα όταν τα φορτίζουμε, άλλαξε και εκείνος την απάντησή του σε «φορτίο», ενώ η έννοια της ενέργειας φάνηκε να μην έχει κανένα ρόλο στο φαινόμενο που μελετάμε.

Μια ακόμη εναλλακτική ιδέα που εμφανίστηκε ήταν αυτή που θεωρούσε πως για να δράσουν μεταξύ τους δύο αντικείμενα πρέπει να είναι φορτισμένα (E2). Αφού είχαν παρουσιαστεί οι βασικές έννοιες του μαθήματος, ζητήθηκε από τους μαθητές να προβλέψουν τη συμπεριφορά από ένα αλουμινένιο τενεκεδάκι, αν πλησιάζαμε σε αυτό ένα φορτισμένο πλαστικό σωλήνα. Ο μαθητής πίστευε πως αφού δεν φορτίστηκαν και τα δύο αντικείμενα δεν θα παρατηρούνταν καμία αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Παραθέτουμε ένα σχετικό διάλογο μεταξύ δύο μαθητών:

«Αγ: Κι εγώ θα έλκονται έβαλα γιατί;

Γεωρ: Δεν είμαι σίγουρη, μπορεί να μην έλκονται, γιατί δεν τρίψαμε το τενεκεδάκι.

Αγ: Ε μετά θα γράψεις. Ναι αφού το ένα είναι από πλαστικό και το άλλο είναι από άλλο..

Γεωρ: Ναι όμως δεν το 'τριψες.

Αγ: Αφού λέει ότι θα το τρίψουμε ή όχι..;»

Η στροφή της εναλλακτικής ιδέας προς την επιστημονική επιτεύχθηκε με την εκτέλεση του πειράματος όπου και ο μαθητής διαπίστωσε πως δεν χρειάζεται να είναι φορτισμένα και τα δύο αντικείμενα για να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους, αρκεί μόνο το ένα.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι οι μαθητές έχουν κάποιες εναλλακτικές ιδέες γύρω από τον στατικό ηλεκτρισμό και συγκεκριμένα από την έννοια του φορτίου που ωστόσο ξεπερνιούνται μέσα από τον πειραματισμό και τη συζήτηση στην τάξη.

Διδακτικό Επεισόδιο 3: Στατικός Ηλεκτρισμός

Στην τρίτη διδασκαλία μελετάται και εδώ το φαινόμενο του στατικού ηλεκτρισμού. Βέβαια, όλη η διδασκαλία κινείται γύρω από το ηλεκτροσκόπιο, όργανο που βοηθάει στον εντοπισμό του φορτίου διάφορων αντικειμένων.

Στην αρχή του μαθήματος, οι μαθητές κατασκεύασαν ένα ηλεκτροσκόπιο, το οποίο και χρησιμοποίησαν σε όλα τα πειράματα που ακολούθησαν. Στο πρώτο πείραμα, τους ζητήθηκε να φορτίσουν ένα καλαμάκι και να το πλησιάσουν στο ηλεκτροσκόπιο. Παρατήρησαν ότι τα φύλλα από αλουμινόχαρτο, που βρίσκονταν στο κάτω μέρος του ηλεκτροσκοπίου, απωθούνταν μεταξύ τους και το αιτιολόγησαν στηριζόμενοι στην άπωση μεταξύ των ίδιων φορτίων που βρίσκονταν στα αλουμινόχαρτα. Ύστερα, κλήθηκαν να δοκιμάσουν τι θα συμβεί αν πλησιάσουν στο ηλεκτροσκόπιο μια φορτισμένη γυάλινη ράβδο. Η εναλλακτική ιδέα που εμφανίστηκε από όλους τους μαθητές ήταν ότι όταν πλησιάσουμε στο ηλεκτροσκόπιο τη γυάλινη ράβδο, τότε τα αλουμινόχαρτα που βρίσκονται στο κάτω μέρος του θα έλκονται μεταξύ τους (6'). Το σχετικό απόσπασμα από τον διάλογο που ακολούθησε είναι το εξής:

«Ερ: [...] Γυάλινος..γυάλινη ράβδος;

Γεωρ: Θα έλκονται.

Στ: Θέλω το..το ύφασμα.

Γεωρ: Γιατί είναι..

Ερ: Τι πιστεύετε ότι θα γίνει;

Γεωρ: Θα έλκονται γιατί είναι θετικό, με θετικό φορτίο.

Αγ: Θα φορτιστεί με θετικό;

Στ: Θα έλκονται γιατί και τα δύο είναι..

Γεωρ: Ναι!

Στ: ..με θετικά; με θετικό φορτίο;

Γιαν: Ε, ναι!

Αγ: Ναι. Θα έλκονται.

Γεωρ: Ναι.

Γιαν: Αφού είναι..»

Δεδομένου ότι είχαν παρατηρήσει τα φύλλα από αλουμινόχαρτο του ηλεκτροσκοπίου να απωθούνται μεταξύ τους όταν πλησιάζαμε το αρνητικά φορτισμένο αντικείμενο σε αυτό, θεώρησαν πως με ένα θετικά φορτισμένο αντικείμενο τα αλουμινόχαρτα θα έλκονταν αυτή τη φορά μεταξύ τους. Ωστόσο, επειδή το να παρατηρήσουμε τη συμπεριφορά των φύλλων από αλουμινόχαρτο του ηλεκτροσκοπίου, όταν πλησιάζαμε μια φορτισμένη γυάλινη ράβδο σε αυτό, φάνηκε αρκετά δύσκολο στο μάθημα, η ερευνήτρια επέλεξε να εξηγήσει τι θα συνέβαινε υποθετικά στα φύλλα αν το πείραμα είχε πετύχει. Σκεπτόμενη ότι είχαν ήδη παρατηρήσει οι μαθητές τι συμβαίνει στα φύλλα με ένα αρνητικά φορτισμένο σώμα, ήταν εύκολο να μεταφέρουν τη νέα γνώση και στο θετικά φορτισμένο σώμα, με σκοπό να αλλάξουν την εναλλακτική τους ιδέα. Ένα σχετικό απόσπασμα είναι το εξής:

«Ερ: Πάλι θα απωθούνται..

Γεωρ: Γιατί;

Ερ: Γιατί πριν πήγε αρνητικό φορτίο..έφυγε από το σωλήνα μου, πέρασε από το συρματάκι μου, έφτασε κάτω, αρνητικό το ένα αλουμινόχαρτο αρνητικό και το άλλο αλουμινόχαρτο..τσακ απωθήθηκαν. Τώρα, τι φορτίο είχε η γυάλινη ράβδος;

Στ: Θετικό.

Γιαν: Εμάς είναι και τα δύο θετικά.

Ερ: Θετικό. Πλησιάζω εγώ πάλι.

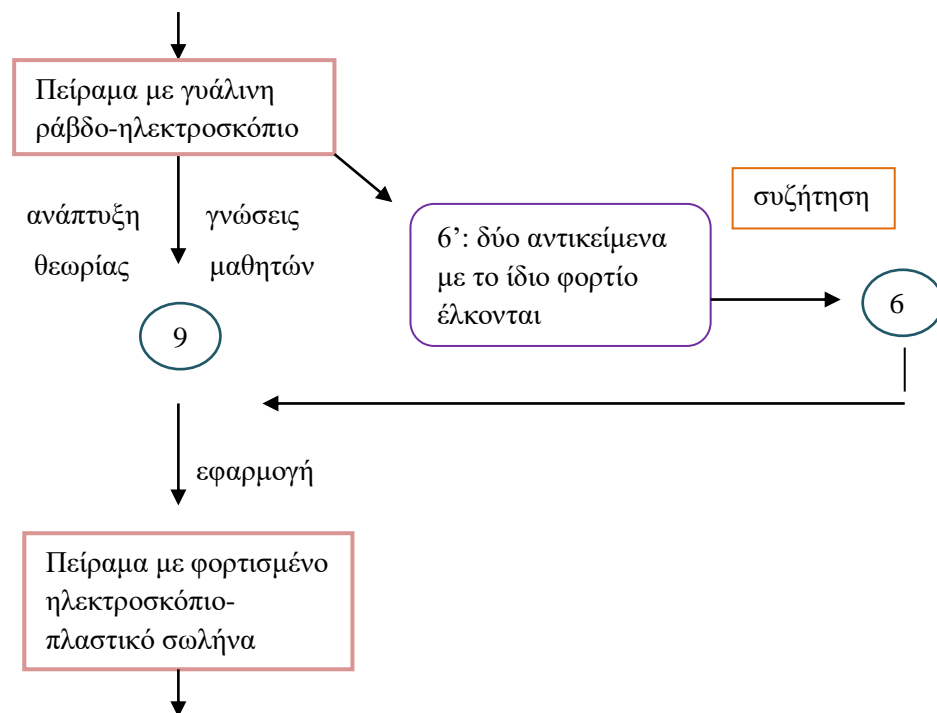
Γεωρ: Γιατί θα πάει κάτω..

Στ: Α! Και θα πάνε θετικά;

Ερ: Πάει θετικό φορτίο τώρα στο σωληνάκι μου. Θετικό το ένα αλουμινόχαρτο, θετικό και το άλλο αλουμινόχαρτο πάλι έπρεπε να απωθούνται.

Γεωρ: Ναι.»

Ακολουθεί το σχεδιάγραμμα του επεισοδίου, ώστε να γίνει κατανοητή η πορεία της μάθησης:



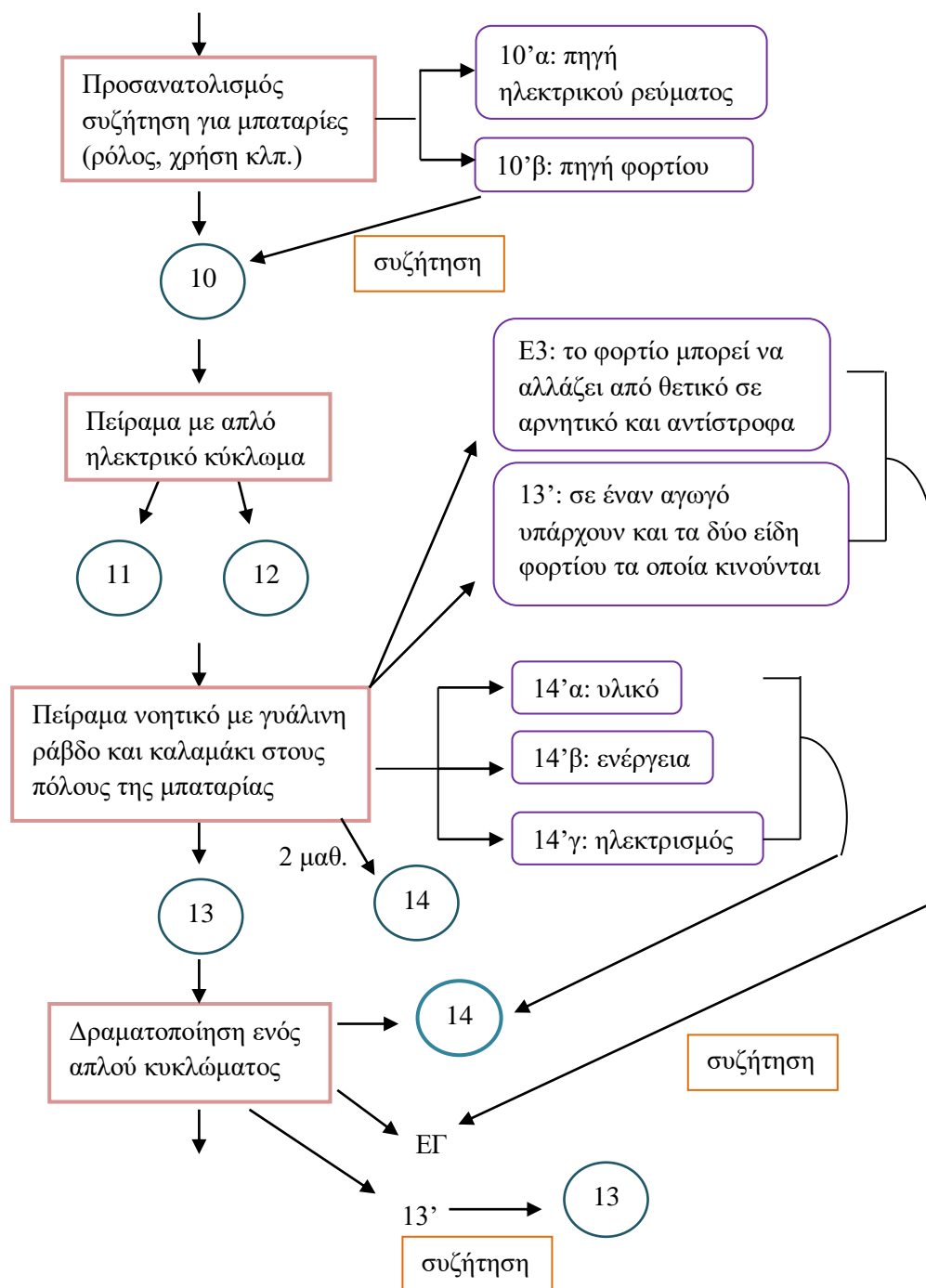
Τέλος, η πιο βασική επιστημονική ιδέα που εμφανίστηκε και εδραιώθηκε σε αυτό το μάθημα ήταν αυτή που αφορά την μεταφορά φορτίου μέσω της επαφής (9). Οι μαθητές είχαν ήδη από τα προηγούμενα μαθήματα αναφέρει πως αν ένα φορτισμένο αντικείμενο έρθει σε επαφή με ένα άλλο αφόρτιστο, τότε και το αφόρτιστο αντικείμενο θα αποκτήσει ένα φορτίο. Αυτό που κατέκτησαν μέσα από τη διδασκαλία ήταν το τι φορτίο θα έχουν μετά τα δύο αντικείμενα.

Βλέπουμε, δηλαδή, ότι οι μαθητές εμφάνισαν ουσιαστικά μία σημαντική εναλλακτική ιδέα γύρω από το ηλεκτροσκόπιο, παρότι το Ι.Ε.Π. επιλέγει να το αφήσει απ' έξω από τη διδασκαλία. Με τους συγκεκριμένους μαθητές και με τις συγκεκριμένες δραστηριότητες οι μαθητές όχι μόνο δεν δυσκολεύτηκαν, αλλά φάνηκε να κατανοούν σε μεγαλύτερο βαθμό την έννοια του φορτίου και τη συμπεριφορά του.

Διδακτικό Επεισόδιο 4: Δυναμικός Ηλεκτρισμός

Συνεχίζοντας με την τέταρτη διδασκαλία, επιχειρήθηκε η σύνδεση μεταξύ του στατικού ηλεκτρισμού και του δυναμικού, με σκοπό ναδειχθεί ότι αποτελούν ουσιαστικά ένα ενιαίο φαινόμενο.

Παραθέτουμε το σχεδιάγραμμα του 4^{ου} διδακτικού επεισοδίου, που περιλαμβάνει τις σημαντικότερες ιδέες που εξέφρασαν οι μαθητές:



Και εδώ εμφανίστηκαν αναμενόμενες επιστημονικές ιδέες όπως ότι η μπαταρία είναι πηγή ενέργειας (10), ότι σε ένα κλειστό κύκλωμα το λαμπάκι θα ανάψει (11) ή ότι σε ένα ανοιχτό κύκλωμα το λαμπάκι δεν θα ανάψει (12) αλλά και πως το ηλεκτρικό ρεύμα είναι ουσιαστικά φορτίο που κινείται (14).

Από την άλλη εμφανίστηκαν και εναλλακτικές ιδέες αναμενόμενες στο συγκεκριμένο μάθημα όπως ότι η μπαταρία είναι πηγή ηλεκτρικού ρεύματος (10'α) ή πως πρόκειται για

πηγή φορτίου (10'β), αλλά και ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι ένα υλικό (14'α), μια ενέργεια (14'β) ή ηλεκτρισμός (14'γ). Ωστόσο, μέσα από τη συζήτηση που έλαβε χώρα στο μάθημα εκφράστηκαν και άλλες που αξίζει να αναφέρουμε.

Το μεγαλύτερο μέρος του μαθήματος κατέλαβε ένα νοητό πείραμα, το οποίο οι μαθητές κλήθηκαν να διαχειριστούν. Στη θέση των δύο πόλων μιας μπαταρίας σε ένα κύκλωμα, είχαν τοποθετηθεί ένα πλαστικό καλαμάκι και μια γυάλινη ράβδος. Το πείραμα ζητούσε από τους μαθητές να φανταστούν τι θα συνέβαινε σε ένα μικρό, αρνητικό φορτίο μέσα στο καλαμάκι, όταν το κύκλωμα ήταν κλειστό. Αυτό που αναμέναμε από τους μαθητές ήταν να αναφέρουν πως το μικρό αρνητικό φορτίο, όταν το κύκλωμα θα ήταν κλειστό, θα πήγαινε στο λαμπάκι και από εκεί θα συνέχιζε, λόγω της ελκτικής δύναμης που θα του ασκούσε η γυάλινη ράβδος, προς την ράβδο και μετά θα πήγαινε πάλι στο καλαμάκι λόγω της ελκτικής δύναμης κάνοντας πάλι κύκλο και θα συνέχιζε μέχρι να άνοιγε το κύκλωμα. Με αυτόν τον τρόπο θα πετυχαίναμε τη σύνδεση των δύο ηλεκτρισμών.

Η πιο βασική ίσως επιστημονική ιδέα που εμφανίστηκε από τη συζήτηση του πειράματος είναι αυτή που θεωρούσε πως μέσα σε έναν αγωγό υπάρχει φορτίο, το οποίο θα αρχίσει να κινείται αν ο αγωγός συνδεθεί με μια πηγή ενέργειας (13). Έγινε κατανοητό από τους μαθητές ότι το φορτίο είναι αυτό που οφείλεται στο άναμμα της λάμπας, παρότι κάποιοι πήγαν να μπερδευτούν με την ενέργεια. Ο παρακάτω διάλογος αποτελεί ένα μέρος της συζήτησης:

«Ερ: Τι είναι αυτό που κινείται;

Στ: Φορτίο;

Γεωρ: Ενέργεια.

Στ: Ενέργεια.

Γεωρ: Όχι, φορτίο.

Αγ: Φορτίο.

Στ: Φορτίο.

Αγ: Τα φορτία δεν κινούνται;

Γεωρ: Αφού είπαμε εμείς ήμασταν..ήμασταν φορτία και..

Αγ: Μετακινούμασταν.»

Σε αντιδιαστολή με αυτή την ιδέα, εμφανίστηκαν ενδιαφέρουσες εναλλακτικές ιδέες όπως για παράδειγμα αυτή που θεωρούσε πως το φορτίο μπορεί να αλλάζει από θετικό σε αρνητικό και αντίστροφα, όταν βρεθεί σε ένα αρνητικά ή θετικά φορτισμένο αντικείμενο (Ε3). Η ιδέα αυτή εμφανίστηκε από δύο μαθητές που πίστευαν πως όταν το φορτίο από το καλαμάκι

φτάσει, μέσω της ελκτικής δύναμης που του ασκεί η ράβδος, στην ράβδο, τότε θα μετατραπεί από αρνητικό σε θετικό μέσα στη ράβδο και από εκεί θα πάει ξανά στο καλαμάκι και θα μετατραπεί ξανά σε αρνητικό, για να συνεχίσει πάλι τον κύκλο του μέσα στο κύκλωμα. Ένα σχετικό απόσπασμα είναι:

«Στ: Επειδή είσαι στη γυάλινη ράβδο, θα φορτιστεί θετικά.

Αγ: Τα θετικά θα πάνε στα αρνητικά.

Στ: Θα πάει στο αρνητικό αφού έλκονται..

Αγ: Και μετά θα πάνε κάτω..

Στ: Θα φορτ..θα φορτιστεί στο αρνητικό θα πάει στο λαμπάκι..»

Άλλη εναλλακτική ιδέα ήταν αυτή που θεωρούσε πως μέσα σε έναν αγωγό υπάρχουν και τα δύο είδη φορτίου, τα οποία θα αρχίσουν να κινούνται όταν συνδέσουμε τον αγωγό με μια πηγή ενέργειας (13'). Η ιδέα αυτή εμφανίστηκε από δύο μαθητές, ο ένας μάλιστα υποστήριξε και την προηγούμενη εναλλακτική ιδέα, και θεωρούσαν πως η λειτουργία των δύο διαφορετικών φορτίων θα είναι να έλκει το ένα το άλλο, μέσα στο κύκλωμα, γιατί αλλιώς δεν θα μπορούν τα φορτία να κινούνται, άρα ούτε το λαμπάκι να ανάψει. Ένα απόσπασμα είναι:

«Γεωρ: Όχι, είναι φορτίο που κινείται.

Αγ: Είναι δύο φορτία μέσα..

Γεωρ: Δεν ξέρω τι θα βγει.

Αγ: ..που κάνουν τον κύκλο τους.

Ερ: *Είναι φορτία που κινούνται.*»

Έπειτα από συζήτηση για το τι συμβαίνει μέσα στον αγωγό, ακολούθησε δραματοποίηση σε μια προσπάθεια βαθύτερης κατανόησης των εννοιών, στην οποία συμμετείχαν όλοι οι μαθητές. Η δραματοποίηση αφορούσε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, με τους μαθητές να έχουν ρόλους τα μέρη του κυκλώματος (μπαταρία, λαμπάκι, φορτίο, διακόπτης). Με αυτόν τον τρόπο, κατανόησαν πώς λειτουργεί ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, ότι η μπαταρία είναι αυτή που δίνει ενέργεια στο κύκλωμα και κάνει τα φορτία να κινούνται και όχι η έλξη ανάμεσα σε διαφορετικά φορτία, ότι το φορτίο που κινείται είναι ένα και είναι αρνητικό αλλά και ότι το ηλεκτρικό ρεύμα δεν είναι τίποτε άλλο παρά το φορτίο αυτό σε κίνηση. Ένα χαρακτηριστικό από απόσπασμα από τη δραματοποίηση είναι:

«Ερ: *Η μπαταρία, Αγγελική, έχει δύο άκρα ένα θετικό και ένα αρνητικό. Γιατί έχει δύο άκρα πάντα η μπαταρία και γιατί δεν έχει δύο θετικά..*

Γεωρ: Για να έλκονται.

Αγ: Για να έλκονται.

Ερ: Η δύο αρνητικά ή τίποτα.

Αγ: Για να έλκονται.

Γεωρ: Για να έλκονται και να κινούνται.

Αγ: Πού θα πάει η Γεωργία μόνη..

Ερ: Για να έλκονται. Άρα δεν χρειάζομαι να έχω δύο φορτία.

Αγ: Α!

Ερ: Γιατί η μπαταρία μου θα κάνει αυτό ακριβώς το πράγμα.

Αγ: Α!»

Παρατηρούμε ότι σε αυτό το διδακτικό επεισόδιο που επιχειρήθηκε η σύνδεση του δυναμικού ηλεκτρισμού με τον στατικό, οι μαθητές εμφάνισαν πολλές εναλλακτικές ιδέες. Ο λόγος είναι η εμπλοκή των μαθητών με τον μικρόκοσμο και με έννοιες που δεν είναι άμεσα ορατές σε αυτούς. Από την άλλη, δεν είχαν κανένα πρόβλημα να πειραματιστούν με ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, καθώς η προσέγγισή του έγινε μακροσκοπικά.

Διδακτικό Επεισόδιο 5: Ηλεκτρομαγνητισμός

Στην πέμπτη και τελευταία διδασκαλία, το φαινόμενο που μελετήθηκε ήταν ο ηλεκτρομαγνητισμός. Η βασικότερη επιστημονική ιδέα που εμφανίστηκε και κατακτήθηκε μέσα από τα πειράματα του μαθήματος είναι αυτή που αναφέρει πως όταν ένας αγωγός διαρρέεται από ρεύμα, τότε αποκτά μαγνητικές ιδιότητες (15). Η γνώση αυτή προέκυψε σταδιακά στους μαθητές, μετά την εκτέλεση του πειράματος με μια πυξίδα και έναν αγωγό. Οι μαθητές αφού τύλιξαν έναν αγωγό πολλές φορές γύρω από μια πυξίδα και τον συνέδεσαν με μια μπαταρία, παρατήρησαν ότι η μαγνητική βελόνα αλλάζει θέση. Η ερευνήτρια κατεύθυνε τους μαθητές προς τον αγωγό, ως ο κύριος υπαίτιος της συμπεριφοράς της μαγνητικής βελόνας και ζήτησε από τους μαθητές να επικεντρωθούν σε αυτόν. Οι απόψεις που ακούστηκαν ήταν ότι το καλώδιο αποκτά «φορτίο», «ενέργεια», «ηλεκτρισμό» ακόμα και «μαγνητική ενέργεια», περιστρέφονταν δηλαδή γύρω από το ζητούμενο που ήταν οι μαγνητικές ιδιότητες ή ότι δρα σαν μαγνήτης. Ένα σχετικό απόσπασμα είναι:

«Ερ: Τι αποκτά το καλώδιο;

Στ: Φορτίο;

Ερ: Κάτι συμβαίνει με το καλώδιο.

Γιαν: Ηλεκτρισμό.

Γεωρ: Ενέργεια;

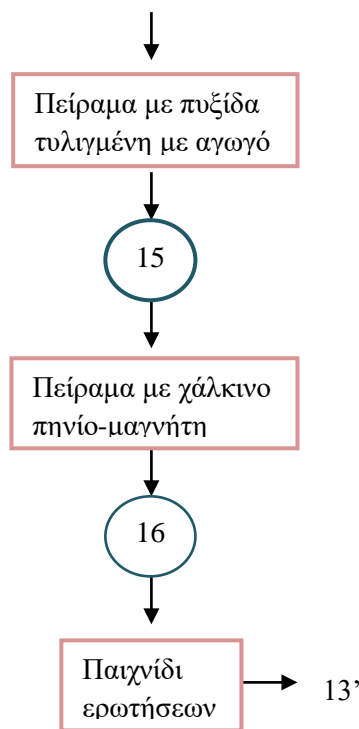
Ερ: Γιατί το καλώδιο εγώ έχω τυλίξει και βοηθάει και η μπαταρία που την έχω ενώσει σίγουρα.

Γεωρ: Μαγνητι..μαγνητική ενέργεια.

Στ: Ηλεκτρισμό; Ενέργεια;

Γιαν: Φορτίο.»

Ακολουθεί η πορεία του μαθήματος, όπως έλαβε χώρα στο πέμπτο επεισόδιο:



Μια ακόμη επιστημονική ιδέα που φανερώθηκε στο τέλος του μαθήματος είναι αυτή που αφορά τα αντικείμενα που συνδέονται μέσω ενός αγωγού μια μπαταρία (16). Πιο συγκεκριμένα, ότι τα αντικείμενα αυτά φορτίζονται ή αλλιώς ηλεκτρίζονται όταν συνδεθούν με μια μπαταρία. Η ιδέα αυτή εκφράστηκε από ένα μαθητή κατά τη διάρκεια του τελευταίου πειράματος όπου συμμετείχαν ένας μαγνήτης και ένα χάλκινο πηνίο, το οποίο διαρρέονταν από ρεύμα μέσω μιας ειδικής κατασκευής. Η παρακάτω συζήτηση πραγματοποιήθηκε στη φάση της πρόβλεψης, όπου και ζητήθηκε από τους μαθητές να σκεφτούν τι θα συνέβαινε στο χάλκινο πηνίο, όταν συνδέαμε τα καλώδια της κατασκευής με την μπαταρία:

«Ερ: Το ενώνω εγώ τώρα. Τι θα συμβεί όταν το ενώσω;

Αγ: Θαα..

Στ: Θα αποκτήσει..

Ερ: Αρχικά θα γίνει κάτι ή δεν θα γίνει;

Στ: Θαα..

Αγ: Αυτό μπορεί να ηλεκτριστεί;

Στ: Θα γίνει. [Θα αποκτήσει μαγνητικές ιδιότητες.]

Γεωρ: [Θα αποκτήσει ιδιότητες.] Να έλκει πράγματα.

Αγ: Θα μπορεί να έλκει τους συνδετήρες.»

Βέβαια, αξίζει να σημειωθεί ότι η ιδέα αυτή εμφανίστηκε μόνο σε εκείνο το σημείο του μαθήματος.

Τέλος, ως τελευταία δραστηριότητα του μαθήματος και ως ανακεφαλαίωση όλων των εννοιών που πραγματευτήκαμε σε όλες τις διδασκαλίες, παίξαμε ομαδικά ένα παιχνίδι ερωτήσεων. Μια από τις ερωτήσεις που κλήθηκαν οι μαθητές να απαντήσουν ήταν: «Ποια είδη φορτίων υπάρχουν» και οι απαντήσεις που ακούστηκαν ήταν: «θετικό», «αρνητικό» και το «ρεύμα» ως ένα τρίτο είδος φορτίου. Σε αυτό το σημείο, λοιπόν, έγινε φανερό ότι υπήρχαν κάποιες παρανοήσεις ως προς το τι είναι το ρεύμα, ενώ μια εναλλακτική ιδέα που θεωρήθηκε ότι ξεπεράστηκε, έκανε πάλι την εμφάνισή της. Παραθέτουμε το σχετικό απόσπασμα:

«Ερ: Ωραία! Αρνητικό και θετικό σωστά! Το ρεύμα, καθίστε, το ρεύμα γιατί δεν ήτανε σωστό σαν απάντηση;

Αγ: Είναι φορτίο.

Γεωρ: Είναι φορτίο και θετικό και αρνητικό.

Ερ: Η ερώτηση είναι ποια είναι τα είδη φορτίου. Το ρεύμα τι είπαμε ότι είναι; Είναι φορτίο που κινείται δεν είναι είδος φορτίου. Είναι απλά αυτό που όλοι ξέρουμε το οποίο κινείται..Θετικά και αρνητικά είναι τα δυο μας φορτία.

Γιαν: Και το ηλεκτρικό ρεύμα φορτίο είναι.

Ερ: Είναι φορτίο, αρνητικό φορτίο.»

Βλέπουμε ότι ένας μαθητής ακόμη θεωρούσε πως το ηλεκτρικό ρεύμα αποτελείται και από θετικό και από αρνητικό φορτίο (13'), δηλαδή η εναλλακτική ιδέα του συγκεκριμένου μαθητή ήταν τόσο ισχυρή που παρέμεινε και επανεμφανίστηκε και σε αυτό το μάθημα. Προκειμένου να αλλάξει η ερευνήτρια την ιδέα αυτή, εξήγησε στους μαθητές ότι το φορτίο που κινείται, δηλαδή το ηλεκτρικό ρεύμα, είναι μόνο το αρνητικό φορτίο, και έτσι το ρεύμα δεν είναι ένα από τα είδη των φορτίων που υπάρχουν. Ωστόσο, όντας η τελευταία διδασκαλία, δεν ελέγχθηκε ξανά ο βαθμός κατανόησης αυτής της ιδέας από τους μαθητές.

Συνοψίζοντας, οι μαθητές φάνηκε ότι δεν αντιμετώπισαν κάποιο σοβαρό πρόβλημα με τις έννοιες που εντάσσονται στον ηλεκτρομαγνητισμό, ωστόσο δεν εμβαθύνσαμε αρκετά σε αυτές προκειμένου να μελετηθεί σε βάθος. Από την άλλη, τα προβλήματα που δημιουργήθηκαν στο προηγούμενο διδακτικό επεισόδιο, δεν επηρέασαν την κατανόηση των μαθητών ως προς τον

ηλεκτρομαγνητισμό και αυτό γιατί οι έννοιες που κλήθηκαν να διαχειριστούν ανήκαν στον μακρόκοσμο.

Μετά την ανάλυση που προηγήθηκε, παρουσιάζουμε τον Πίνακα 1 εμπλουτισμένο με τις νέες επιστημονικές και εναλλακτικές ιδέες, όπως προέκυψαν από τα διδακτικά επεισόδια:

Διδακτικά Επεισόδια - Φαινόμενα	Διδακτικοί Στόχοι	Νέες Επιστημονικές Ιδέες	Νέες Εναλλακτικές Ιδέες
1^ο Μαγνητισμός	Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά την ύπαρξη υλικών που έλκονται από έναν μαγνήτη αλλά και των υλικών που δεν έλκονται.		Ο μαγνήτης δρα με μη μαγνητικά υλικά.
	Να διαπιστώσουν ότι οι μαγνητικές δυνάμεις ασκούνται από απόσταση.		
	Να διαπιστώσουν ότι η έλξη σε έναν μαγνήτη είναι πιο ισχυρή στα άκρα του.		
	Να διαπιστώσουν ότι οι μαγνητικές δυνάμεις ενός μαγνήτη δεν εξαρτώνται ούτε από το μέγεθος ούτε από τη χρήση του.		
	Να διαπιστώσουν ότι οι ομώνυμοι πόλοι ενός μαγνήτη απωθούνται,		

	ενώ οι ετερόνυμοι έλκονται.		
2° Στατικός Ηλεκτρισμός	Να αναφέρουν οι μαθητές ότι το πλαστικό καλαμάκι, όταν τρίβεται με ένα χαρτομάντιλο, φορτίζεται αρνητικά.	Αν ένα αντικείμενο τριφτεί με ένα άλλο κατάλληλο αντικείμενο, τότε αυτό θα ηλεκτριστεί.	
	Να αναφέρουν ότι η γυάλινη ράβδος, όταν τρίβεται με μάλλινο ύφασμα, φορτίζεται θετικά.		
	Να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι τα ομώνυμα φορτία απωθούνται, ενώ τα ετερόνυμα έλκονται.		Τα ετερόνυμα φορτία απωθούνται.
	Να αναφέρουν ότι όταν τρίβουμε δύο αντικείμενα μεταξύ τους, μεταφέρεται φορτίο από το ένα αντικείμενο στο άλλο.		Όταν φορτίσουμε ένα αντικείμενο, τότε αυτό αποκτά ενέργεια.
3° Στατικός Ηλεκτρισμός	Να κατασκευάσουν οι μαθητές ένα ηλεκτροσκόπιο και να διαπιστώσουν πειραματικά τον τρόπο λειτουργίας του.		Για να αλληλεπιδράσουν δύο αντικείμενα μεταξύ τους, πρέπει και τα δύο αντικείμενα να είναι φορτισμένα.
4° Δυναμικός	Να αναφέρουν οι μαθητές ότι η μπαταρία		Τα ομώνυμα φορτία έλκονται.

Ηλεκτρισμός	είναι πηγή ενέργειας.		
	Να αναφέρουν ότι η κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων ονομάζεται ηλεκτρικό ρεύμα.		
	Να διαπιστώσουν οι μαθητές πως σε ένα κλειστό απλό κύκλωμα το λαμπάκι θα ανάψει.		Το φορτίο μπορεί να αλλάζει από θετικό σε αρνητικό και αντίστροφα, όταν βρεθεί σε ένα αρνητικά ή θετικά φορτισμένο αντικείμενο.
5^ο Ηλεκτρομαγνητισμός	Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι όταν ένας αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, αποκτά μαγνητικές ιδιότητες.	Μέσα σε έναν αγωγό υπάρχει αρνητικό φορτίο, το οποίο θα αρχίσει να κινείται όταν συνδέσουμε τον αγωγό με μια πηγή ενέργειας.	Μέσα σε έναν αγωγό υπάρχουν και τα δύο είδη φορτίου, τα οποία θα αρχίσουν να κινούνται όταν συνδέσουμε τον αγωγό με μια πηγή ενέργειας.
	Να κατασκευάσουν οι μαθητές ένα πηνίο και ένα ηλεκτρομαγνήτη	Ένα αντικείμενο φορτίζεται (ηλεκτρίζεται) όταν συνδεθεί με μια μπαταρία.	

Πίνακας 2: Εμπλουτισμένες ιδέες των διδακτικών επεισοδίων.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα διδακτικά επεισόδια που σχεδιάσαμε, τα οποία είχαν ως στόχο την καλύτερη κατανόηση των μαθητών του φαινομένου του ηλεκτρομαγνητισμού, εφαρμόστηκαν σε μια ομάδα μαθητών της Στ' τάξη ενός δημοτικού σχολείου. Προκειμένου να διαπιστώσουμε αν η συγκεκριμένη μαθησιακή ακολουθία, δηλαδή από τον μαγνητισμό να στραφούμε στον ηλεκτρισμό με τελικό στόχο τον ηλεκτρομαγνητισμό, είχε κάποια ένδειξη αποτελεσματικότητας, συγκρίναμε τις ιδέες που εμφάνισαν οι μαθητές ως προς την συμβατότητά τους με τις επιστημονικές για τις έννοιες που πραγματευόμασταν.

Στο πρώτο διδακτικό επεισόδιο που στρέφονταν γύρω από τον μαγνητισμό, οι μαθητές φάνηκε να κατανοούν τις βασικές έννοιες, λαμβάνοντας υπόψη τα νοήματα που έχουν κατασκευάσει από τις καθημερινές τους εμπειρίες, ωστόσο εμφανίστηκε η εναλλακτική ιδέα ότι «Ο μαγνήτης δρα με μη σιδηρομαγνητικά υλικά» και συγκεκριμένα με το ατσάλι. Η ιδέα αυτή εκφράστηκε από δύο μαθητές στη φάση της πρόβλεψης των υλικών εκείνων που δρουν με έναν μαγνήτη και άλλαξε εύκολα όταν οι μαθητές κλήθηκαν να δοκιμάσουν και να ελέγξουν τις προβλέψεις τους.

Το δεύτερο διδακτικό επεισόδιο μελετούσε το φαινόμενο του στατικού ηλεκτρισμού και εκεί οι εναλλακτικές ιδέες που εμφανίστηκαν ήταν περισσότερες. Η πρώτη ιδέα «Τα ετερόνυμα φορτία απωθούνται», εκφράστηκε από ένα μαθητή όταν κλήθηκε να προβλέψει τη συμπεριφορά από ένα φορτισμένο πλαστικό καλαμάκι και μια φορτισμένη γυάλινη ράβδος. Μετά την εκτέλεση του πειράματος και την επεξήγηση του νόμου περί άπωσης και έλξης των φορτίων από την ερευνήτρια, η ιδέα του μαθητή άλλαξε προς την επιστημονική, ενώ φάνηκε να ενισχύεται με τα πειράματα που ακολούθησαν. Η δεύτερη ιδέα που έλεγε ότι «Ένα αντικείμενο όταν φορτίζεται αποκτά ενέργεια», ήρθε στην προσπάθεια ενός μαθητή να εξηγήσει τι συμβαίνει όταν τρίβουμε ένα αντικείμενο, και χρησιμοποίησε την έννοια της ενέργειας που ήταν πιο γνώριμη σε αυτόν από τις προηγούμενες τάξεις από ότι η έννοια του φορτίου. Η ιδέα αυτή άλλαξε εύκολα μετά και την επεξήγηση της ερευνήτριας και δεν εμφανίστηκε ξανά ούτε στις επόμενες διδασκαλίες. Τέλος, άλλη μια εναλλακτική ιδέα που εκφράστηκε στην τάξη από ένα μαθητή ήταν αυτή που έλεγε ότι «Δύο αντικείμενα για να αλληλεπιδράσουν, πρέπει να είναι φορτισμένα». Μετά από το πείραμα με ένα φορτισμένο πλαστικό σωλήνα και ένα αφόρτιστο αλουμινένιο τενεκεδάκι, ο μαθητής διαπίστωσε ότι δεν χρειάζεται να είναι και τα δύο αντικείμενα φορτισμένα για να αλληλεπιδράσουν και η ιδέα του άλλαξε αμέσως προς την επιστημονική.

Στο τρίτο διδακτικό επεισόδιο, που αποτελούσε τη συνέχεια του δεύτερου, μία μόνο εναλλακτική ιδέα εμφανίστηκε όταν οι μαθητές έπρεπε να προβλέψουν τη συμπεριφορά μιας φορτισμένης γυάλινης ράβδου καθώς την πλησιάζαμε σε ένα ηλεκτροσκόπιο. Όντας η πρώτη φορά που οι μαθητές έρχονταν σε επαφή με ένα τέτοιο όργανο θεώρησαν πως «Τα ομώνυμα φορτία θα έλκονται», μιλώντας για το φορτίο από τα αλουμινόχαρτα που βρίσκονταν στο κάτω μέρος του ηλεκτροσκοπίου. Βέβαια, επειδή τελικά φάνηκε δύσκολο να φορτίσουμε τη γυάλινη ράβδο και να παρατηρήσουμε κάτι στα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου, η ερευνήτρια εξήγησε προφορικά τι θα συνέβαινε στα φύλλα αν το πείραμα είχε πετύχει. Οι μαθητές φάνηκε να κατανοούν τη λειτουργία του ηλεκτροσκοπίου και η ιδέα τους άλλαξε εύκολα προς την επιστημονική.

Το τέταρτο επεισόδιο πραγματεύονταν το φαινόμενο του δυναμικού ηλεκτρισμού, φαινόμενο που είχαν ήδη ασχοληθεί και στην Ε' τάξη. Εδώ οι εναλλακτικές ιδέες που εμφανίστηκαν ήταν πολλές, πράγμα που σημαίνει ότι οι μαθητές είχαν γνωστικά κενά από την προηγούμενη τάξη. Η πρώτη εναλλακτική ιδέα αφορούσε την μπαταρία και το ρόλο της μέσα σε ένα κύκλωμα. Ακούστηκαν ιδέες όπως ότι είναι «πηγή ηλεκτρικού ρεύματος» ή «πηγή φορτίου», ενώ μόνο ένας μαθητής γνώριζε ότι πρόκειται για μια πηγή ενέργειας. Οι συγκεκριμένες ιδέες των παιδιών άλλαξε έπειτα από συζήτηση με τους μαθητές και μετά τις εξηγήσεις της ερευνήτριας για το σημαντικό ρόλο της μπαταρίας στο κύκλωμα. Άλλη εναλλακτική ιδέα ήταν αυτή σχετικά με το τι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα. Εδώ οι μαθητές είπαν ότι είναι ένα «υλικό», μια «ενέργεια», ένας «ηλεκτρισμός», ενώ και πάλι μόνο ένας μαθητής είπε ότι πρόκειται για φορτίο το οποίο κινείται. Οι ιδέες των παιδιών άλλαξαν μέσα από τη δραματοποίηση που κλήθηκαν να συμμετέχουν, όπου αποτελούσαν μέρη ενός κυκλώματος.

Ακόμα δύο ιδέες που εμφανίστηκαν ήταν αυτές που αφορούσαν το φορτίο που υπάρχει σε έναν αγωγό. Η πρώτη ήταν ότι «Το φορτίο μπορεί να αλλάζει από θετικό σε αρνητικό και αντίστροφα μέσα σε έναν αγωγό» και η δεύτερη ότι «Σε έναν αγωγό υπάρχουν και τα δύο είδη φορτίου τα οποία κινούνται». Οι ιδέες αυτές φάνηκε να εμμένουν ακόμα και μετά από τη συζήτηση που ακολούθησε αλλά και μετά από τη δραματοποίηση, ενώ ο ερευνητής με το τέλος του μαθήματος θεώρησε ότι είχε επέλθει η κατανόηση.

Στο πέμπτο και τελευταίο διδακτικό επεισόδιο, που αφορούσε τον ηλεκτρομαγνητισμό και ήταν και ο τελικός στόχος των μαθημάτων, όλοι οι μαθητές ανταπεξήλθαν με επιτυχία σε όλα τα πειράματα που κλήθηκαν να εκτελέσουν, χωρίς να εμφανιστεί κάποιο γνωστικό κενό. Το μόνο σημείο που αξίζει να αναφέρουμε, είναι η επανεμφάνιση της εναλλακτικής ιδέας περί κίνησης και των δύο φορτίων σε έναν αγωγό. Ο ερευνητής προσπάθησε να εξηγήσει και πάλι

τι συμβαίνει μέσα σε ένα αγωγό όταν συνδεθεί με μια πηγή ενέργειας, ωστόσο όντας το τελευταίο μάθημα δεν μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι κατανοήθηκε πλήρως και άλλαξε αυτή η ιδέα.

5.1. Τελικά Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ενώ οι μαθητές έχουν κάποιες εναλλακτικές ιδέες γύρω από τα φαινόμενα που μελετάμε και περισσότερο στον ηλεκτρισμό, η συγκεκριμένη μαθησιακή ακολουθία που εφαρμόστηκε σε αυτή την ομάδα μαθητών λειτούργησε ως ένα βαθμό και βοήθησε στην βαθύτερη κατανόηση του ηλεκτρομαγνητισμού. Όπως φάνηκε και από τα σχεδιαγράμματα των διδακτικών επεισοδίων, οι μαθητές δεν εμφάνισαν καμία εναλλακτική ιδέα ως προς το φαινόμενο του μαγνητισμού, κάτι που ήταν αναμενόμενο λαμβάνοντας υπόψη ότι έχουν εμπειρίες από την καθημερινή τους ζωή σχετικά με αυτό. Όταν μελετήθηκε το φαινόμενο του στατικού ηλεκτρισμού εμφανίστηκαν λίγες ιδέες, σε φυσιολογικά πλαίσια γύρω από το φορτίο. Εκεί που φάνηκε το μεγαλύτερο πρόβλημα ήταν όταν οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με τον δυναμικό ηλεκτρισμό στην προσπάθεια σύνδεσής τους με τον στατικό. Εμφανίστηκαν πολλές εναλλακτικές ιδέες γύρω από έννοιες που έπρεπε να είχαν γίνει κατανοητές από τους μαθητές από την προηγούμενη τάξη, εφόσον ο δυναμικός ηλεκτρισμός διδάσκεται στην Ε' τάξη, και κυριότερο, τα γνωστικά κενά που παρατηρήθηκαν αφορούσαν έννοιες του μικρόκοσμου, δηλαδή έννοιες που δεν είναι άμεσα ορατές στους μαθητές. Περνώντας όμως στον ηλεκτρομαγνητισμό, οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών ήταν ελάχιστες, πράγμα που δηλώνει ότι τα κενά που εμφάνισαν στον δυναμικό ηλεκτρισμό δεν εμπόδισαν την κατανόησή τους ως προς τον ηλεκτρομαγνητισμό. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι στον ηλεκτρομαγνητισμό δεν ασχολήθηκαν με τον μικρόκοσμο αλλά με τον μακρόκοσμο, όπου όλες οι έννοιες ήταν ορατές σε αυτούς και άρα περισσότερο κατανοητές.

Επομένως, θα μπορούσαμε να πούμε ότι προκειμένου να γίνει κατανοητός ο ηλεκτρομαγνητισμός από τους μαθητές, αλλά και τα φαινόμενα που άμεσα εμπλέκονται, δηλαδή του μαγνητισμού και του ηλεκτρισμού, δεν χρειάζεται να έρθουν σε επαφή με τον στατικό ηλεκτρισμό, εφόσον προσεγγίζεται με έννοιες του μικρόκοσμου. Άμεση συνέπεια αυτού, είναι και η μελέτη του δυναμικού ηλεκτρισμού, η οποία θα πρέπει να κινείται γύρω από μακροσκοπικές έννοιες και όχι σε σύνδεση με τον στατικό ηλεκτρισμό, όπως επιχειρήθηκε στην παρούσα έρευνα. Έτσι, προτείνουμε μια νέα μαθησιακή ακολουθία η οποία θα αφήνει στην άκρη τον στατικό ηλεκτρισμό και θα εξετάζει μόνο τα φαινόμενα του μαγνητισμού, του δυναμικού ηλεκτρισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού. Θεωρούμε ότι μέσα

από την συγκεκριμένη ακολουθία τα μαθησιακά αποτελέσματα θα είναι μεγαλύτερα, εφόσον θα ξεπεραστούν πολλές από τις δυσκολίες που δημιουργήθηκαν στους μαθητές όταν ασχολήθηκαν με τον μικρόκοσμο.

Τέλος, όσον αφορά τα πειράματα που σχεδιάστηκαν αλλά και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτέλεση των πειραμάτων, μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να προσαρμόσουν τα νοητικά τους μοντέλα, έτσι ώστε να εξηγήσουν παρατηρήσεις που έρχονται σε αντίθεση με την αρχική τους κατανόηση.

5.2. Περιορισμοί της έρευνας

Ο σημαντικότερος περιορισμός της έρευνας αφορά την γενίκευση των αποτελεσμάτων της και την μεταφορά τους σε άλλες καταστάσεις και φαινόμενα. Το δείγμα των τεσσάρων μαθητών δεν αφήνει περιθώρια για γενικεύσεις, ωστόσο ο σχεδιασμός και οι πρακτικές που ακολουθήθηκαν μπορούν να αποτελέσουν υλικό προς μελέτη άλλων ερευνητών που επιθυμούν να ασχοληθούν με την ανάδειξη των ιδεών των μαθητών πάνω σε φαινόμενα του φυσικού κόσμου ή ακόμα να εφαρμόσουν τη μαθησιακή ακολουθία που προτείνεται και σε άλλο δείγμα μαθητών.

Ένας ακόμη περιορισμός που αφορά στο σχεδιασμό των διδακτικών επεισοδίων είναι ο χρόνος που αφιερώθηκε στο τελευταίο επεισόδιο. Στόχος της παρούσας έρευνας ήταν η καλύτερη και βαθύτερη κατανόηση του ηλεκτρομαγνητισμού. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη ότι το φαινόμενο αυτό απασχόλησε τους μαθητές μόνο ένα διδακτικό δίωρο, θεωρούμε ότι δεν ήταν αρκετός ο χρόνος για να αναδειχθούν όλες οι ιδέες των παιδιών γύρω από αυτό. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να ξεπεραστεί με τον σχεδιασμό δύο διδακτικών επεισοδίων σχετικά με το φαινόμενο του ηλεκτρομαγνητισμού.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κολιόπουλος, Δ. (2006α). *Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κουλαϊδής, Β., & Κουζέλης, Γ. (1990). Για την παραδειγματική συγκρότηση της Διδακτικής των φυσικών επιστημών: Μια επιστημολογική προσέγγιση. *Νέα παιδεία*, 53, 151-169.
- Κουλαϊδής, Β. (Επιμ.). (1994). *Αναπαραστάσεις του Φυσικού Κόσμου: Γνωστική, Επιστημολογική και Διδακτική προσέγγιση*. Αθήνα: Gutenberg.
- Κουλαϊδής, Β. (Επιμ.). (2001α). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Πάτρα : Ε.Α.Π.
- Χαλκιά, Κ. (2013). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες: θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.
- Bagno, E., & Eylon, B. (1997). From problem solving to knowledge structure: An example from electromagnetism, *American Journal of Physics*, 65(8), 726 – 736.
- Bailey, J., Francis, R.G., & Hill, D.M. (1987). Exploring ideas about magnets. *Research in Science Education*, 17, 113 – 116.
- Bar, V., Zinn, B., & Rubin, E. (1997). Children's ideas about action at a distance, *international Journal of Science Education*, 19(10), 1137 – 1157.
- Borges, A.T., & Gilbert, K.J. (1998). Models of magnetism. *International Journal of Science Education*, 20(3), 361 – 378.
- Carey, S. (2000). Science education as conceptual change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 13 – 19.
- Carruthers, R., & de Berg, K.C. (2010). The use of magnets for introducing primary school students to some properties of forces through small – group pedagogy. *Teaching Science*, 56(2), 13 – 17.
- Castells, M., Konstantinidou, A., & Cervero, J. M. (2016). A teaching proposal on electrostatics based on the history of science through the reading of historical texts and argumentative discussions, *Il Nuovo Cimento C*, 38(3).
- Christidou, V., Kazela, K., Kakana, D., & Valakosta, M. (2009). Teaching magnetic attraction to preschool children: A comparison of different approaches. *International Journal of Learning*, 16 (2), 115 – 127.

- Cobb, P. & Gravemeijer, K. (in press). Experimenting to support and understand learning processes. In A. E. Kelly, D. Lesh & J. Baek (Eds.), *Handbook of design research methods in education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2000). *Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών*, Αθήνα: Εκδ. ΤΥΠΩΘΗΤΩ-Γιώργος Δαρδανός.
- Fedele, B., Michelini, M., & Stefanel, A. (2005). Five - ten years old pupils explore magnetic phenomena in Cognitive Laboratory (CLOE), ESERA, selected paper, Cresils, Barcellona.
- Galili, I. (1995). Mechanics background influences students' conception in electromagnetism. *International Journal of Science Education*, 17(3), 371 – 387.
- Guisasola, J., Michelini, M., Mossenta, A., & Viola, R. (2008). Teaching electromagnetism: Issues and changes. In *GIREP-EPEC Conference Frontiers of Physics Education 2007. Selected Contributions* (Jurdana-Šepić E. et al., Eds.), Zlatni rez: Rijeka, pp. 58-76.
- Halliday, D., & Resnick, R. (2014). *Φυσική*. (Γ, Πνευματικό, & Γ, Πεπονίδη, μετ.). Αθήνα: Επιστημονικές και τεχνικές εκδόσεις Γ.Α. Πνευματικού.
- Haupt, G. (1952). Concepts of magnetism held by elementary school children. *Science Education*, 36, 162 – 168.
- Hewitt, G.P. (2011). *Conceptual Physics*. (Ε, Σηφάκη, & Ι, Παπαδόγγονας, μετ.). Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Intyre, P. (1974). Students' use of model in their explanations of electrostatic phenomena. *Science Education*, 58(4), 577 – 580.
- Kelly, A. E, & Lesh, R. A. (2000). *Handbook of research design in mathematics and science education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Michelini, M., & Vercellati, S. (2012). Pupils explore magnetic and electromagnetic phenomena in CLOE labs. *Latin – America Journal of Physics Education*, 6, 10 – 15.
- Molina, M., Castro, E., & Castro, E. (2007). Teaching experiments within design research, *The International Journal of Interdisciplinary Social Sciences*, 2(4), 435 – 440.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Journal Learning and Instruction*, 4(1), 45 – 69.
- Pfundt, H., & Duit, R. (1999). *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education*. Kiel, Germany: Institute for Science Education at the University of Kiel.

Ravanis, K. (1994). The discovery of elementary magnetic properties in pre – school age. A qualitative and quantitative research within a piagetian framework. *European Early Childhood Education Research Journal*, 2(2), 79 – 91.

Ravanis, K., Pantidos, P., & Vitoratos, E. (2010). Mental representations of ninth grade students: The case of properties of the magnetic field, *Journal of Baltic Science Education*, 9(1), 50 – 60.

Saglam, M., & Millar, R. (2006). Upper high school students' understanding of electromagnetism. *International Journal of Science Education*, 28(5), 543 – 566

Sibley, M. (1996). *Introduction to electromagnetism*. Great Britain. Arnold

Steffe, L. P., & Thompson, P. W. (2000). Teaching experiment methodology: Underlying principles and essential elements. In R. Lesh & A. E. Kelly (Eds.), *Research design in mathematics and science education* (pp. 267- 307).

Strike, K.A. & Posner, G.J. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. In L.H.T. West & A.L. Pines (eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 211- 231), Orlando, Florida: Academic Press.

Shulman, L. (1986). Paradigms and research programs in the study of teaching. In Ηλίας Μανταλαβάνης (επιμ.), *Η εξέλιξη της Διδακτικής: Επιστημολογική Θεώρηση*. Αθήνα: Gutenberg 1995.

Young, H. (1994). Πανεπιστημιακή Φυσική – Τόμος Β', Ηλεκτρομαγνητισμός Οπτική Σύγχρονη Φυσική (μετάφραση – επιμέλεια: από ομάδα πανεπιστημιακών). Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.

Διαδικτυακές Πηγές:

Εικόνα 1: <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-B134/733/4815,22699/>

Εικόνα 2: <https://www.kathimerinifysiki.gr/2018/01/ti-sxima-exoun-ta-atoma.html>

Εικόνα 3:

<https://blogs.sch.gr/gvalatsos/files/2014/11/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%CE%B4%CF%85%CE%BD%CE%AC%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%82.pdf>

Εικόνα 4:

<https://anoixtosxoleio.weebly.com/etalambdaepsilonkappataurhoomicronmualphagammanuetatauiotasigmamu972sigmaf.html>

Εικόνα 5: http://physiclessons.blogspot.com/2013/04/blog-post_4780.html

Εικόνα 6: http://tccc.iesl.forth.gr/education/local/Physics_I/Serway_Hewett/chapterH8.pdf

Εικόνα 7: <https://www.csd.uoc.gr/~hy112/lectures/2017-18/Lec25.pdf>

Εικόνα 8: <http://phys-exp.physics.uoi.gr/?p=299>

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Α. ΣΕΝΑΡΙΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Μάθημα 1^ο: Μαγνήτες

Προσανατολισμός των μαθητών – Ανάδειξη των ιδεών τους

Υλικά: Μαγνητάκια

Φέρνουμε στην τάξη διάφορα μαγνητάκια ψυγείου και ακολουθεί μια πρώτη συζήτηση γύρω από αυτά, ως αφορμή του μαθήματος. Προσπαθούμε μέσα από ερωτήσεις να ανακαλύψουμε τις εμπειρίες αλλά και τις ιδέες που έχουν οι μαθητές σχετικά με τους μαγνήτες, εμπλέκοντας και άλλα υλικά τα οποία αλληλεπιδρούν ή όχι με αυτούς.

Στη συνέχεια, και εφόσον τους έχουμε διεγείρει το ενδιαφέρον, μοιράζουμε ένα φύλλο εργασίας σε κάθε μαθητή, που εμπεριέχει τις δραστηριότητες του μαθήματος. Μετά, περνάμε στην πρώτη δραστηριότητα, που αποσκοπεί στην αναζήτηση των υλικών που έλκονται από ένα μαγνήτη, αλλά και εκείνων που δεν έλκονται.

Εισαγωγή νέας γνώσης (Αναδόμηση/Εμπλουτισμός)

Δραστηριότητα 1

Διδακτικός Στόχος: Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά την ύπαρξη υλικών που έλκονται από έναν μαγνήτη αλλά και την ύπαρξη υλικών που δεν έλκονται.

Υλικά: Χάλκινο σύρμα, συνδετήρας, πινέζα, ψαλίδι, μολύβι, ποτήρι, καλαμάκι, κουτάλι, τενεκεδάκι, αλουμινόχαρτο, καρφί, κόσμημα, φελλός, ραβδόμορφοι μαγνήτες

Χωρίζουμε την ομάδα των μαθητών σε δύο μικρότερες υπο-ομάδες. Δίνουμε στα ζευγάρια ένα μαγνήτη και ένα κουτί που έχει στο εσωτερικό του αντικείμενα διαφορετικών υλικών. Ζητάμε από τις δύο ομάδες να προβλέψουν, αρχικά, τη συμπεριφορά των αντικειμένων όταν πλησιάσουν σε αυτά έναν μαγνήτη, και έπειτα να καταγράψουν τις προβλέψεις τους στον ειδικά διαμορφωμένο πίνακα στο φύλλο εργασίας. Έστερα, τους ζητάμε να εκτελέσουν το πείραμα – δοκιμή και να καταγράψουν και πάλι το αποτέλεσμα στον πίνακα. Όταν τελειώσουν και οι δύο ομάδες, συζητάμε τις προβλέψεις τους αλλά και τα αποτελέσματα που είχαν όταν έκαναν το πείραμα.

Αφού οι μαθητές συνειδητοποιήσουν την ύπαρξη υλικών που έλκονται ή όχι από έναν μαγνήτη, πηγαίνουμε ένα βήμα παρακάτω εξετάζοντας τις μαγνητικές δυνάμεις που ασκούνται από απόσταση.

Δραστηριότητα 2

Διδακτικός Στόχος: Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι οι μαγνητικές δυνάμεις ασκούνται από απόσταση.

Υλικά: Ραβδόμορφοι μαγνήτες, σιδηρομαγνητικά αντικείμενα

Κάθε ζευγάρι μαθητών καλείται να επιλέξει ένα από τα αντικείμενα που έλκεται από τον μαγνήτη, εφόσον το εξέτασαν στην προηγούμενη δραστηριότητα, και να το τοποθετήσουν στο θρανίο μπροστά τους. Μετά, τους ζητάμε να πάρουν τον μαγνήτη και αφού τον τοποθετήσουν και αυτόν στο θρανίο, να πλησιάσουν αργά το αντικείμενο που έχουν επιλέξει. Τους παροτρύνουμε να σκεφτούν τη συμπεριφορά του μαγνήτη καθώς και τον τρόπο που αλληλεπιδρά με τα άλλα αντικείμενα. Στόχος είναι να φτάσουμε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει έλξη, χωρίς όμως να έρθουν σε επαφή τα δύο σώματα. Άρα, οι μαγνήτες δρουν και από απόσταση.

Δραστηριότητα 3

Διδακτικός Στόχος: Να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι η έλξη σε έναν μαγνήτη είναι πιο ισχυρή στα άκρα του.

Υλικά: Ραβδόμορφοι μαγνήτες, συνδετήρες

Ρωτάμε τους μαθητές να προβλέψουν το αποτέλεσμα του παρακάτω πειράματος επίδειξης:

Τοποθετούμε έναν ραβδόμορφο μαγνήτη στο θρανίο και παράλληλα προς αυτόν τοποθετούμε 3 συνδετήρες. Κινούμε τον μαγνήτη προς τους συνδετήρες και παρατηρούμε ποιος ή ποιοι συνδετήρες «κολλάνε» πρώτοι σε αυτόν. Θα «κολλήσουν» όλοι ταυτόχρονα ή μήπως κάποιος/οι θα «κολλήσουν» πρώτοι;

Ζητάμε από τους μαθητές να συζητήσουν με την ομάδα τους το αποτέλεσμα και να καταγράψουν τις προβλέψεις τους στο φύλλο καταγραφής. Εκτελούμε το πείραμα και βλέπουμε ότι οι συνδετήρες που βρίσκονται στα άκρα του μαγνήτη «κόλλησαν» πρώτοι, ενώ αυτός που ήταν στο κέντρο «κόλλησε» τελευταίος. Σχολιάζουμε τις προβλέψεις των μαθητών και τους προτρέπουμε να εκτελέσουν μόνοι τους το παρακάτω πείραμα:

Δραστηριότητα 4

Διδακτικός Στόχος: Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι η έλξη σε έναν μαγνήτη είναι πιο ισχυρή στα άκρα του.

Υλικά: Ραβδόμορφοι μαγνήτες, συνδετήρες

Σε μια μικρή περιοχή του θρανίου, η κάθε ομάδα σκορπίζει τους συνδετήρες και τοποθετεί από πάνω τους τον μαγνήτη. Έπειτα, σηκώνουν ψηλά τον μαγνήτη και περιγράφουν τι παρατηρούν. (Στα άκρα του μαγνήτη «κόλλησαν» περισσότεροι συνδετήρες, ενώ στο κέντρο λιγότεροι)

Μετά από τις δύο αυτές δραστηριότητες συζητάμε τι κοινό παρατηρούν μεταξύ τους, σε ποιες περιοχές, δηλαδή, του μαγνήτη είναι πιο ισχυρή η έλξη και σε ποια είναι λιγότερο ισχυρή.

Έπειτα, πειραματιζόμαστε με τις εναλλακτικές ιδέες που από τη βιβλιογραφία έχει καταγραφεί ότι έχουν οι μαθητές και αφορούν το μέγεθος του μαγνήτη και τη συχνότητα χρήσης τους.

Δραστηριότητα 5

Διδακτικός Στόχος: Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι οι μαγνητικές δυνάμεις ενός μαγνήτη δεν εξαρτώνται ούτε από το μέγεθος ούτε από τη χρήση του.

Υλικά: Μαγνήτες, συνδετήρες

α) Φέρνουμε δύο μαγνήτες, έναν μεγάλο και έναν μικρό, και τους συγκρίνουμε. Ζητάμε από τους μαθητές να σκεφτούν ποιος από τους δύο μαγνήτες θα «τραβήξει» περισσότερους συνδετήρες και να καταγράψουν στο φύλλο τις προβλέψεις τους. Έστερα, τους ζητάμε να εκτελέσουν το πείραμα, βάζοντας με τη σειρά τους μαγνήτες πάνω στους συνδετήρες, και συζητάμε το αποτέλεσμα. Παρατηρούμε ότι το μέγεθος δεν παίζει ρόλο στην δύναμη του μαγνήτη.

β) Φέρνουμε τώρα δύο μαγνήτες, έναν καινούριο και έναν παλιό, και τους συγκρίνουμε όπως και στην παραπάνω διαδικασία. Διαπιστώνουμε πως ούτε και η συχνότητα χρήσης του μαγνήτη παίζει ρόλο στη δύναμή του.

Μέχρι τώρα οι μαθητές πειραματίστηκαν με τις αλληλεπιδράσεις του μαγνήτη με διάφορα αντικείμενα. Ως τελική δραστηριότητα, οι μαθητές καλούνται να πειραματιστούν ανάμεσα σε δύο μαγνήτες και να διαπιστώσουν πώς αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Δραστηριότητα 6

Διδακτικός στόχος: Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι οι ομώνυμοι πόλοι ενός μαγνήτη απωθούνται, ενώ οι ετερόνυμοι έλκονται.

Υλικά: Ραβδόμορφοι μαγνήτες

Κάθε ζευγάρι μαθητών θα έχει στη διάθεσή του από δύο ραβδόμορφους μαγνήτες. Ζητούμενο είναι να πειραματιστούν και με τους δύο πόλους του μαγνήτη, ώστε να παρατηρήσουν κάθε δυνατή αλληλεπίδραση. Παρατηρούμε ότι όταν πλησιάσουμε με τη μια μεριά του μαγνήτη έχουμε έλξη, ενώ με την άλλη έχουμε άπωση.

Εφαρμογή των νέων ιδεών των μαθητών

Δραστηριότητα 7 – Παιχνίδι

Υλικά: Πίστα, ραβδόμορφοι μαγνήτες

Παίζουμε αγώνες με μαγνητάκια σε πίστα που είναι φτιαγμένη από σιδηρομαγνητικό υλικό. Στόχος είναι να φτάσουν πρώτοι στον τερματισμό έχοντας ως βοήθεια έναν δεύτερο μαγνήτη. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους: είτε με έλξη μεταξύ των μαγνητών είτε με άπωση. Παίζουν όλοι οι μαθητές σε ζευγάρια.

Μάθημα 2^ο: Στατικός Ηλεκτρισμός

Διδακτικοί Στόχοι:

- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι όταν τρίβουμε δύο αντικείμενα μεταξύ τους, μεταφέρεται φορτίο από το ένα αντικείμενο στο άλλο.

Προσανατολισμός των μαθητών – Ανάδειξη των ιδεών τους

Υλικά: Εικόνες, καλαμάκι, χαρτομάντιλο, μάλλινο ύφασμα

Προκειμένου να εισάγουμε τους μαθητές στον στατικό ηλεκτρισμό, ξεκινάμε το μάθημα με μια αφήγηση σχετικά με την απαρχή του ηλεκτρισμού και την ανακάλυψη της φόρτισης σωμάτων από τον Θαλή. Φέρνουμε στην τάξη μία εικόνα από κεχριμπάρι (ήλεκτρον), μία εικόνα γάτας και εικόνες από άχυρο και πούπουλα για να βοηθήσουν στην αφήγηση.

Μετά το τέλος της ιστορίας, ζητάμε από τους μαθητές να σκεφτούν τι θα συνέβαινε αν στη θέση του ήλεκτρον βάζαμε ένα καλαμάκι, στη θέση της γάτας βάζαμε ένα μάλλινο ύφασμα

και στη θέση από τα άχυρα και τα πούπουλα βάζαμε κομμάτια χαρτιού, αν δηλαδή τρίβαμε το καλαμάκι με το ύφασμα και έπειτα πλησιάζαμε τα μικρά κομμάτια χαρτιού. Κάνουμε το πείραμα και βλέπουμε έλξη ανάμεσα στο καλαμάκι και στο χαρτί.

Συζητάμε για τις μαγνητικές ιδιότητες που αποκτά το καλαμάκι μετά από την τριβή του με το ύφασμα και αντιπαραβάλλουμε με το κεχριμπάρι της αρχαιότητας. Περνάμε, στη συνέχεια, στις δραστηριότητες, αφού πρώτα μοιράσουμε στους μαθητές ατομικά ένα φύλλο καταγραφής.

Εισαγωγή νέας γνώσης (Αναδόμηση/Εμπλουτισμός)

Δραστηριότητα 1

Διδακτικοί Στόχοι:

- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι το πλαστικό καλαμάκι, όταν τρίβεται με ένα χαρτομάντιλο, φορτίζεται αρνητικά.
- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι η γυάλινη ράβδος, όταν τρίβεται με μάλλινο ύφασμα, φορτίζεται θετικά.

Υλικά: Καλαμάκια, σχοινί, χαρτομάντιλα, μάλλινο ύφασμα, γυάλινη ράβδος

Η πρώτη δραστηριότητα έχει ως σκοπό να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι όταν τρίβουμε διάφορα αντικείμενα, τότε αυτά μπορούν και αλληλεπιδρούν με άλλα αντικείμενα. Είναι η πρώτη επαφή των μαθητών με την έννοια του φορτίου.

α) Ζητάμε από τους μαθητές να δέσουν το πρώτο καλαμάκι με το σχοινί από το κέντρο του και να το κρεμάσουν από το θρανίο τους με τη βοήθεια των βιβλίων. Μετά, τρίβουν το πρώτο καλαμάκι με ένα χαρτομάντιλο στη μια του άκρη. Με το ίδιο χαρτομάντιλο τρίβουν τη μια άκρη από ένα δεύτερο καλαμάκι και πλησιάζουν τις δύο άκρες. Παρατηρούν ότι απωθούνται.

β) Ζητάμε σε δεύτερη φάση από τους μαθητές να τρίψουν με ένα χαρτομάντιλο το καλαμάκι που έχουμε ήδη κρεμάσει από το σχοινί. Με το μάλλινο ύφασμα τρίβουν, ύστερα, τη γυάλινη ράβδο και την πλησιάζουν στο καλαμάκι. Παρατηρούν ότι έλκονται.

Συζητάμε τα αποτελέσματα που βρήκαν και εισάγουμε τα είδη του φορτίου. Στη συνέχεια, γυρνάμε και πάλι στα πειράματα που κάναμε και σχολιάζουμε τα αποτελέσματα με βάση τις νέες έννοιες. Καταλήγουμε, τέλος, στο συμπέρασμα ότι τα αντικείμενα που είναι φορτισμένα με όμοιο φορτίο απωθούνται, ενώ εκείνα που έχουν διαφορετικό φορτίο έλκονται.

Εφαρμογή των νέων ιδεών των μαθητών

Δραστηριότητα 2

Διδακτικός Στόχος: Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι τα ομώνυμα φορτία απωθούνται, ενώ τα ετερόνυμα έλκονται.

Υλικά: μπαλόνια, μάλλινο ύφασμα, σχοινί

α) Μοιράζουμε στα ζευγάρια των μαθητών από δύο μπαλόνια στο κάθε ζευγάρι και τους ζητάμε να δέσουν τις άκρες των μπαλονιών με ένα σχοινί. Έπειτα, καλούνται να τρίψουν με το μάλλινο ύφασμα το ένα μπαλόνι και με το ίδιο ύφασμα να τρίψουν και το δεύτερο μπαλόνι. Κάνουν τις προβλέψεις τους για το τι θα συμβεί όταν πλησιάσουμε τα δύο μπαλόνια μεταξύ τους και αιτιολογούν τις απόψεις τους. Τέλος, δοκιμάζουν, ώστε να δουν αν επαληθεύτηκαν οι προβλέψεις τους. Παρατηρούν ότι τα δύο μπαλόνια απωθούνται.

β) Οι μαθητές τρίβουν με το μάλλινο ύφασμα ένα μπαλόνι και πλησιάζουν το ύφασμα στο μπαλόνι. Παρατηρούν ότι έλκονται. Εξηγούν τη συμπεριφορά των δύο αντικειμένων με όρους φορτίου, έλξης και άπωσης.

Εισάγουμε την έννοια της μεταφοράς του φορτίου και πειραματιζόμαστε και με άλλα αντικείμενα, ώστε να κατανοήσουν πλήρως οι μαθητές τις νέες έννοιες.

Δραστηριότητα 3

Διδακτικοί Στόχοι:

- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι τα ομώνυμα φορτία απωθούνται, ενώ τα ετερόνυμα έλκονται.
- Να αναφέρουν οι μαθητές ότι όταν τρίβουμε δύο αντικείμενα μεταξύ τους, μεταφέρεται φορτίο από το ένα αντικείμενο στο άλλο.

Υλικά: πλαστικός σωλήνας, μάλλινο ύφασμα – πετσέτα, αλουμινένιο τενεκεδάκι

Τρίβουμε τον πλαστικό σωλήνα στη μια του άκρη με την πετσέτα και τον πλησιάζουμε στο τενεκεδάκι που έχουμε τοποθετήσει στο θρανίο. Ζητάμε από τους μαθητές αρχικά να σκεφτούν πώς θα συμπεριφερθούν τα δύο αντικείμενα όταν τα πλησιάσουμε μεταξύ τους και έπειτα να αιτιολογήσουν τις απόψεις τους. Παρατηρούμε ότι έλκονται.

Ανασκόπηση

Κάνουμε μια ανακεφαλαίωση όλων των εννοιών που πραγματευτήκαμε στο μάθημα με τη βοήθεια ενός εννοιολογικού χάρτη. Αναφέρουμε, τέλος, το «ουδέτερο» φορτίο.

Μάθημα 3^ο: Στατικός Ηλεκτρισμός (2)

Προσανατολισμός των μαθητών – Εφαρμογή των νέων ιδεών των μαθητών

Προκειμένου να κάνουμε τη σύνδεση με το προηγούμενο μάθημα και για να ελέγξουμε την κατανόηση των μαθητών σε ήδη διδαγμένες έννοιες, τους ζητάμε να εκτελέσουν και να σχολιάσουν το παρακάτω πείραμα – παιχνίδι:

Δραστηριότητα 1

Διδακτικός Στόχος: Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι τα ομώνυμα φορτία απωθούνται, ενώ τα ετερόνυμα έλκονται.

Υλικά: πλαστικός σωλήνας, μάλλινο ύφασμα/πετσέτα, σελοτέιπ, κλωστή, σπέρτο, γυάλινο βάζο

Ζητάμε από τους μαθητές να δέσουν ένα κομμάτι σπέρτου με κλωστή από το κέντρο του και να κολλήσουν με σελοτέιπ την κλωστή στον πάτο του βάζου. Μετά, πρέπει να γυρίσουν το βάζο ανάποδα, ώστε το σπέρτο να αιωρείται. Τρίβουν, ύστερα, τη μια άκρη του πλαστικού σωλήνα με την πετσέτα και πλησιάζουν το βάζο. Παρατηρούμε έλξη. Εξηγούν γιατί τα αντικείμενα συμπεριφέρθηκαν με αυτόν τον τρόπο, χρησιμοποιώντας τις ήδη διδαγμένες έννοιες.

Περνάμε, έπειτα, στην κατασκευή του ηλεκτροσκοπίου, ενός οργάνου που βοηθάει στον εντοπισμό του είδους του φορτίου των αντικειμένων.

Εισαγωγή νέας γνώσης (Αναδόμηση/εμπλουτισμός)

Δραστηριότητα 2

Διδακτικός Στόχος: Να κατασκευάσουν οι μαθητές ένα ηλεκτροσκόπιο και να διαπιστώσουν πειραματικά τον τρόπο λειτουργίας του.

Υλικά: πλαστικός σωλήνας, μάλλινη πετσέτα, γυάλινο βάζο με καπάκι, χάλκινο σύρμα, αλουμινόχαρτο, καλαμάκι

Οι μαθητές καλούνται να κατασκευάσουν ένα ηλεκτροσκόπιο, ακολουθώντας τις οδηγίες που υπάρχουν στο φύλλο εργασιών που τους έχει δοθεί. Όταν το καταφέρουν, θα πρέπει να τρίψουν με την πετσέτα τη μια μεριά του πλαστικού σωλήνα και να πλησιάσουν τη μεριά του σύρματος που είναι σαν σπείρα πάνω στο ηλεκτροσκόπιο. Παρατηρούν ότι τα κομμάτια από αλουμινόχαρτο που βρίσκονται στο κάτω μέρος του ηλεκτροσκοπίου απωθούνται.

Μετά από αυτή την πρώτη τους επαφή με το ηλεκτροσκόπιο, τους ζητάμε να πειραματιστούν και με άλλα αντικείμενα που βρίσκονται στην τάξη. Επιλέγουμε και φορτισμένα αντικείμενα, που τα έχουμε τρίψει εξαρχής, αλλά και αφόρτιστα, ώστε να διαπιστώσουν πώς δεν υπάρχει κάποια αλληλεπίδραση με τα αλουμινόχαρτα σε αυτή την περίπτωση. Σχολιάζουμε και τις δύο περιπτώσεις.

Εισάγουμε την έννοια της επαφής, ως ακόμη ένα τρόπο για να φορτίζουμε τα αντικείμενα, αφού μάθαμε ήδη ότι το φορτίο μεταφέρεται. Συνεχίζουμε με την επόμενη δραστηριότητα, όπου οι μαθητές εφαρμόζουν τη νέα γνώση.

Δραστηριότητα 3

Διδακτικός Στόχος: Να κατασκευάσουν οι μαθητές ένα ηλεκτροσκόπιο και να διαπιστώσουν πειραματικά τον τρόπο λειτουργίας του.

Υλικά: καλαμάκι, χαρτομάντιλο, ηλεκτροσκόπιο, πλαστικός σωλήνας

1. Επιλέγουμε, πρώτα, να φορτίσουμε το ηλεκτροσκόπιο με αρνητικό φορτίο χρησιμοποιώντας ένα καλαμάκι και ένα χαρτομάντιλο. Ζητάμε από τους μαθητές να τρίψουν, λοιπόν, το καλαμάκι με το χαρτομάντιλο, και να ακουμπήσουν το σύρμα-σπείρα του ηλεκτροσκοπίου. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζουμε ότι και το ηλεκτροσκόπιο έχει φορτιστεί αρνητικά.

Αφού φορτίσουμε το ηλεκτροσκόπιό μας, οι μαθητές πλησιάζουν σε αυτό διάφορα αντικείμενα και παρατηρούν πώς αλληλεπιδρούν με τα αλουμινόχαρτα του ηλεκτροσκοπίου. Στην αρχή, φορτίζουν με ένα μάλλινο ύφασμα ένα πλαστικό σωλήνα και πλησιάζουν το σύρμα – σπείρα του ηλεκτροσκοπίου. Παρατηρούμε ότι τα αλουμινόχαρτα απωθούνται. Εξηγούν γιατί συμβαίνει αυτό.

2. Μετά, τρίβουν μια γυάλινη ράβδο με ένα μάλλινο ύφασμα. Ακουμπάνε το σύρμα-σπείρα του ηλεκτροσκοπίου, ώστε αυτή τη φορά να φορτίσουμε το ηλεκτροσκόπιο θετικά.

Ζητάμε από τους μαθητές να τρίψουν και πάλι τον πλαστικό σωλήνα με το ύφασμα και να πλησιάσουν το σύρμα – σπείρα του ηλεκτροσκοπίου. Παρατηρούμε ότι τα αλουμινόχαρτα έλκονται. Εξηγούν και πάλι γιατί συμβαίνει αυτό.

Εφαρμογή των νέων ιδεών των μαθητών

Σε φύλλο εργασίας οι μαθητές εκτελούν δύο πειράματα, όπως και παραπάνω, με φόρτιση σωμάτων και ανίχνευση του φορτίου τους. Ακολουθούν βήμα βήμα τη διαδικασία και σημειώνουν κάθε φορά το φορτίο των αντικειμένων. Έπειτα γίνεται έλεγχος στο

ηλεκτροσκόπιο και καταγράφουν/επαληθεύουν τις εκτιμήσεις τους. Τέλος, όλα τα μέλη εξηγούν προφορικά τη διαδικασία, δίνοντας έμφαση στο φορτίο και τους τρόπους φόρτισης.

Ανασκόπηση

Ακολουθεί μια συζήτηση με σκοπό τη σύνδεση μαγνητισμού – στατικού ηλεκτρισμού, ώστε να αρχίσει να δημιουργείται μια συνέχεια στα δύο φαινόμενα. Η συζήτηση επικεντρώνεται στις ομοιότητες και διαφορές των δυο φαινομένων.

Μάθημα 4^ο: Σύνδεση Στατικού – Δυναμικού Ηλεκτρισμού

Διδακτικός Στόχος: Να διαπιστώσουν οι μαθητές πώς συνδέεται ο στατικός ηλεκτρισμός με τον δυναμικό μέσω της ετοιμολογίας των εννοιών που χρησιμοποιούνται για να τα περιγράψουν αλλά και μέσω αναλογίας.

Προσανατολισμός των μαθητών

Φέρνουμε ως υλικό για εισαγωγή στο μάθημα μια μπαταρία. Αφού δώσουμε από μία σε κάθε ζευγάρι μαθητών, ακολουθεί μια συζήτηση γύρω από αυτό το όργανο και μοιράζουμε το φύλλο εργασίας του μαθήματος. Περνάμε έπειτα στην πρώτη δραστηριότητα.

Εισαγωγή νέας γνώσης (Αναδόμηση/Εμπλουτισμός)

Δραστηριότητα 1

Υλικά: μπαταρία, καλώδια, λαμπάκι

Μετά από αυτή τη συζήτηση γύρω από τις μπαταρίες, εμφανίζουμε και τα άλλα δύο όργανα που θα χρησιμοποιήσουμε στην δραστηριότητα, δηλαδή τα καλώδια και το λαμπάκι. Αφού, βεβαιωθούμε ότι είναι κατανοητά στους μαθητές και γνώριμη η χρήση τους, ζητάμε από τους μαθητές να προβλέψουν τι θα συμβεί όταν συνδέσουμε τα δύο καλώδια με την μπαταρία και με το λαμπάκι. Εκτελούμε το πείραμα και βλέπουμε ότι το λαμπάκι ανάβει. Οι μαθητές καλούνται να δώσουν εξηγήσεις για το λόγο που συνέβη αυτό.

Αφού εκφραστούν όλοι οι μαθητές, ζητάμε να προβλέψουν τι θα συμβεί αν αποσυνδέουμε το κύκλωμα, δηλαδή, αν δεν ενώνεται τώρα η μπαταρία με ένα από τα καλώδια. Εκτελούμε την ενέργεια αυτή και παρατηρούμε ότι το λαμπάκι σβήνει. Και σε αυτήν την περίπτωση ζητάμε από τους μαθητές να εξηγήσουν τι συνέβη.

Δραστηριότητα 2

Υλικά: μπαταρία, καλώδια, λαμπάκι, γυάλινη ράβδος, καλαμάκι, σελοτέιπ

Εμφανίζουμε και τα άλλα δύο υλικά που είδαμε στα προηγούμενα μαθήματα: ένα καλαμάκι και μια γυάλινη ράβδος. Ξέροντας πως φορτίζονται τα δύο αυτά αντικείμενα, ζητάμε από τους μαθητές να τα αντιστοιχίσουν με τις δύο πλευρές της μπαταρίας. Έπειτα, με σελοτέιπ κολλάμε τα δύο αντικείμενα στην αντίστοιχη πλευρά της μπαταρίας, δηλαδή το καλαμάκι στο $-$ και τη ράβδο στο $+$, και προτρέπουμε τους μαθητές να φανταστούν ότι αντί για τις δύο πλευρές της μπαταρίας που έδιναν ενέργεια στο κύκλωμά μας, τώρα θα έχουμε στη θετική πλευρά μια φορτισμένη ράβδο και στην αρνητική πλευρά ένα φορτισμένο καλαμάκι.

Ενώνουμε πάλι τα καλώδια με το λαμπάκι και την νέα μπαταρία και ζητάμε από τους μαθητές να εξηγήσουν και πάλι πώς άναψε το λαμπάκι. Καλούνται να σκεφτούν το ρόλο που παίζουν τα δύο αντικείμενα στο κύκλωμα και πώς το θετικό και αρνητικό φορτίο βοηθάνε στο να ανάψει το λαμπάκι.

Επειδή πρόκειται για ένα νοητικό πείραμα, ζητάμε από τους μαθητές να κλείσουν τα μάτια τους και να φανταστούν πως είναι ένα μικρό αρνητικό φορτίο μέσα στο καλαμάκι. Με βοηθητικές ερωτήσεις προσπαθούμε να φτάσουμε στο ζητούμενο συμπέρασμα, ότι το φορτίο μεταφέρεται μέσα στο καλώδιο και έτσι ανάβει το λαμπάκι.

Τέλος, ξεκολλάμε τα δύο αντικείμενα από την μπαταρία, ξαναγυρνώντας στην α' φάση της δραστηριότητας.

Ανασκόπηση

Συζητάμε μέσα από έναν εννοιολογικό χάρτη τη σύνδεση των εννοιών που χρησιμοποιούνται για τον στατικό και δυναμικό ηλεκτρισμό. Γράφουμε στο κέντρο του πίνακα τη λέξη «Ηλεκτρισμός» και συνεχίζουμε συμπληρώνοντας και τις άλλες έννοιες.

Μάθημα 5^ο: Ηλεκτρομαγνητισμός

Προσανατολισμός των μαθητών – Ανάδειξη των ιδεών τους

Δείχνουμε στους μαθητές δύο εικόνες από μεγάλους ηλεκτρομαγνήτες, οι οποίοι σηκώνουν διάφορα αντικείμενα, και τους ζητάμε να μας τις περιγράψουν. Οι μαθητές διατυπώνουν τις υποθέσεις τους και ακολουθεί μια πρώτη συζήτηση γύρω από αυτά τα όργανα.

Έπειτα, δίνουμε στους μαθητές από ένα φύλλο εργασίας και περνάμε στην πρώτη δραστηριότητα που αφορά τον αγωγό και πώς αυτός αποκτά μαγνητικές ιδιότητες όταν περάσει από μέσα του ηλεκτρικό ρεύμα. Προκειμένου να φτάσουμε σε αυτό το στόχο, χωρίσαμε την δραστηριότητα σε δύο σκέλη:

Εισαγωγή νέας γνώσης (Αναδόμηση/Εμπλουτισμός)

Δραστηριότητα 1

Διαδικτικός Στόχος: Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι όταν ένας αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, αποκτά μαγνητικές ιδιότητες.

Υλικά: μαγνήτες, πυξίδες, καλώδιο, μπαταρία

Μοιράζουμε τα υλικά στα ζευγάρια μαθητών και τους ζητάμε να εκτελέσουν προσεκτικά τα βήματα του κάθε πειράματος, που βρίσκονται στο φύλλο εργασίας που τους έχει δοθεί.

α) Αρχικά, τοποθετούν την πυξίδα στο κέντρο του θρανίου, μακριά από μεταλλικά αντικείμενα. Καλούνται, μετά, να πλησιάσουν τον μαγνήτη κοντά στην πυξίδα και να παρατηρήσουν αν θα υπάρξει κάποια αντίδραση. Βλέπουν ότι η μαγνητική βελόνα γυρίζει. Προσέχουμε μάλιστα ότι όσο γυρίζουμε τον μαγνήτη γύρω από την πυξίδα, τόσο γυρίζει και η μαγνητική βελόνα.

β) Περνώντας στη δεύτερη φάση, οι μαθητές τυλίγουν αρκετές φορές το καλώδιο γύρω από την πυξίδα με τρόπο που να είναι παράλληλο με τη μαγνητική βελόνα. Έστερα, συνδέουν τις άκρες του καλωδίου με τους πόλους της μπαταρίας και παρατηρούν ότι η μαγνητική βελόνα στρέφεται έντονα. Ζητάμε από τους μαθητές να αποσυνδέσουν τον έναν πόλο της μπαταρίας και συζητάμε τι παρατηρούν. Η μαγνητική βελόνα επέστρεψε στην αρχική της θέση. Αν συνδέσουμε και πάλι το καλώδιο με τον πόλο της μπαταρίας η μαγνητική βελόνα γυρίζει και πάλι.

Ακολουθεί συζήτηση για τα φαινόμενα που παρατήρησαν και καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι όταν ένας αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, τότε αποκτά μαγνητικές ιδιότητες. Αντιπαραβάλλουμε με τον μόνιμο μαγνήτη που ασχοληθήκαμε στο πρώτο μάθημα.

Περνάμε στη συνέχεια στην δεύτερη δραστηριότητα, που αφορά την κατασκευή ενός πηνίου και ενός ηλεκτρομαγνήτη. Και σε αυτή την περίπτωση, η δραστηριότητα χωρίζεται σε δύο σκέλη:

Δραστηριότητα 2

Διδακτικοί Στόχοι:

- Να κατασκευάσουν οι μαθητές ένα πηνίο και έναν ηλεκτρομαγνήτη.
- Να συγκρίνουν οι μαθητές τις μαγνητικές τους ιδιότητες.

Υλικά: καλώδιο, μπαταρία, συνδετήρες, καρφί, μολύβια, μαγνήτης

α) Ζητάμε από τα ζευγάρια των μαθητών να τυλίξουν σφιχτά το καλώδιο γύρω από ένα μολύβι, προσέχοντας να αφήσουν λίγο κομμάτι καλωδίου στην κάθε άκρη. Έπειτα, τους ζητάμε να βγάλουν το μολύβι από μέσα και συζητάμε το σχήμα του.

Μετά, παίρνουν το πηνίο και το συνδέουν με τους πόλους τις μπαταρίας, ώστε μέσα από το καλώδιο να διαρρέεται ηλεκτρικό ρεύμα. Τέλος, πλησιάζουν τους συνδετήρες που έχουμε τοποθετήσει στο θρανίο και παρατηρούν ότι το πηνίο δεν έλκει τους συνδετήρες.

Επαναφέρουμε το καλώδιο στην αρχική του μορφή και συνεχίζουμε στη δεύτερη φάση της δραστηριότητας:

β) Ζητάμε από τα ζευγάρια των μαθητών να τυλίξουν σφιχτά το καλώδιο αυτή τη φορά γύρω από ένα καρφί, πάλι προσέχοντας να έχουν αφήσει λίγο κομμάτι καλωδίου σε κάθε άκρη. Αφήνουμε το καρφί μέσα στο καλώδιο και προτρέπουμε τους μαθητές να συνδέσουν τις άκρες του καλωδίου με τους πόλους της μπαταρίας. Πλησιάζουν τους συνδετήρες και παρατηρούν ότι το καρφί έλκει τώρα τους συνδετήρες. Συζητάμε γιατί συνέβη αυτό και συγκρίνουμε με το άδειο πηνίο του προηγούμενου πειράματος.

Ζητάμε, έπειτα, από τους μαθητές να προβλέψουν τι θα συμβεί αν αποσυνδέσουμε τον έναν πόλο της μπαταρίας. Αφού εκφραστούν όλοι οι μαθητές, εκτελούν την ενέργεια αυτή και παρατηρούν ότι οι συνδετήρες πέφτουν από το καρφί. Καταλήγουμε, λοιπόν, στο συμπέρασμα ότι καλώδιο – πηνίο αποκτά μαγνητικές ιδιότητες μόνο για όσο χρονικό διάστημα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.

Δραστηριότητα 3

Διδακτικός Στόχος: Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά ότι όταν ένας αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, αποκτά μαγνητικές ιδιότητες.

Υλικά: πηνίο προσαρτημένο σε μεταλλική ράβδο, μπαταρία, καλώδια, μαγνήτης

Προκειμένου να γίνουν εμφανείς και οι απωστικές δυνάμεις που αποκτά ένας αγωγός όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, καθώς τις ελκτικές τις παρατηρήσαμε, φέρνουμε στην τάξη

ένα ειδικά κατασκευασμένο όργανο, που αποτελείται από μια μεταλλική ράβδο, ένα χάλκινο πηνίο που είναι προσαρτημένο σε αυτήν, αλλά και υποδοχείς πάνω στη ράβδο για να συνδεθεί μια πηγή ενέργειας. Συνδέουμε, αρχικά, την μπαταρία με τη ράβδο και ζητάμε από τους μαθητές να πλησιάσουν τον μαγνήτη στο πηνίο και από τις δύο μεριές του. Παρατηρούν ότι όταν πλησιάζουν τον μαγνήτη με τη μια του μεριά στο πηνίο, έλκονται μεταξύ τους, ενώ αν τον πλησιάσουν με την άλλη του μεριά απωθούνται.

Τέλος, ακολουθεί μια συζήτηση όπου συγκρίνουμε τον ηλεκτρομαγνήτη με το πηνίο και περνάμε στην τελική δραστηριότητα – παιχνίδι, που λειτουργεί ως ανακεφαλαίωση των όσων πραγματευτήκαμε σε αυτά τα μαθήματα.

Ανασκόπηση

Υλικά: μαγνήτες, πίστα, κάρτες παιχνιδιού

Μεταμφιέζουμε έναν μαγνήτη σε αυτοκίνητο και τον τοποθετούμε στην ειδική πίστα με προκλήσεις που έχουμε κατασκευάσει. Στόχος είναι, αφού περάσει το αυτοκίνητο από όλες τις στάσεις με τη βοήθεια ενός άλλου μαγνήτη, να φτάσει στο τέρμα. Σε κάθε στάση θα υπάρχει μια ερώτηση σχετική με τις έννοιες που πραγματευτήκαμε, την οποία πρέπει να απαντήσουν σωστά οι μαθητές για να πάνε στην επόμενη.

Β. ΦΥΛΛΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ

Διδασκαλία 1^η



«Παίζουμε με μαγνήτες»

Δραστηριότητα 1

Ποια από τα υλικά που βρίσκονται μέσα στο καλάθι έλκονται από έναν μαγνήτη και ποια όχι;

- Πρώτα **προβλέψτε** τι θα συμβεί αν πλησιάσετε τον μαγνήτη σε κάθε αντικείμενο που σας δίνετε και γράψτε στην κατάλληλη στήλη αν έλκεται ή όχι.
- Μετά **δοκιμάστε** να πλησιάσετε τον μαγνήτη σας σε κάθε ένα από τα παρακάτω αντικείμενα και σημειώστε με ένα X τα αποτελέσματά σας στην κατάλληλη στήλη.

Αντικείμενο	Υλικό	Πρόβλεψη	Έλκεται	
			Ναι	Όχι
σύρμα	χαλκός			
συνδετήρας	σίδηρος			
πινέζα	σίδηρο			
ψαλίδι	σίδηρο + πλαστικό			
μολύβι	ξύλο			
ποτήρι	γυαλί			
τενεκεδάκι	αλουμίνιο			
κουτάλι	ατσάλι			
καλαμάκι	πλαστικό			

αλουμινόχαρτο	αλουμίνιο			
καρφί	σίδηρο			
κόσμημα	χρυσό			
φελλός	ξύλο			

Δραστηριότητα 2

Τι θα συμβεί αν πλησιάσουμε τον μαγνήτη σε ένα σιδηρομαγνητικό υλικό;

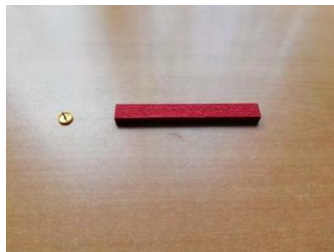
Παρατήρηση

.....

.....

.....

.....



Δραστηριότητα 3

Ποιος ή ποιοι από τους συνδετήρες θα κολλήσει πρώτος στον μαγνήτη;

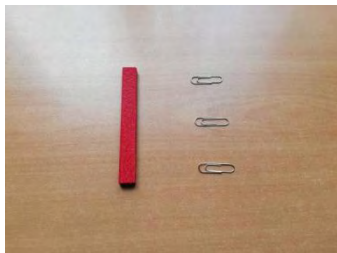
Πρόβλεψη

.....

.....

.....

.....



Δραστηριότητα 4

Σε ποιο μέρος του μαγνήτη «κόλλησαν» περισσότεροι συνδετήρες και σε ποιο λιγότεροι;

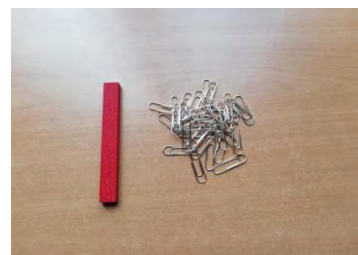
Παρατήρηση

.....

.....

.....

.....



Δραστηριότητα 5

Σε ποιον από τους δύο μαγνήτες θα «κολλήσουν» περισσότεροι συνδετήρες; Στον μεγάλο ή στον μικρό;

Πρόβλεψη

.....

.....

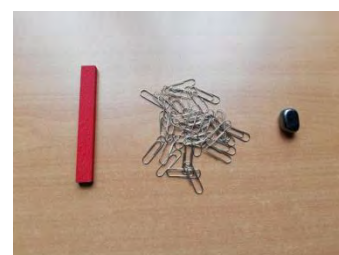
Παρατήρηση

.....

.....

.....

.....



Δραστηριότητα 6

Σε ποιον από τους δύο μαγνήτες θα «κολλήσουν» περισσότεροι συνδετήρες; Στον παλιό ή στον καινούριο;

Πρόβλεψη

.....

.....

.....

.....



Παρατήρηση

.....

.....

.....

.....

Δραστηριότητα 7

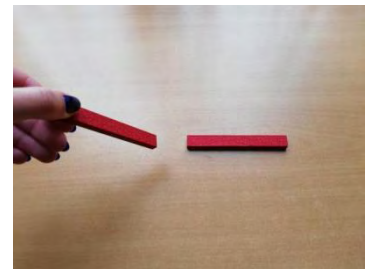
Τι θα συμβεί αν πλησιάσουμε δύο μαγνήτες μεταξύ τους;

Πρόβλεψη

.....

.....

.....



Παρατήρηση

.....

.....

.....

.....



«Μαθαίνουμε για τον Στατικό Ηλεκτρισμό»

Δραστηριότητες

1. α) Βήματα:

- * Δέστε τη μία άκρη του σχοινιού στο κέντρο από το καλαμάκι.
- * Κρεμάστε την άλλη άκρη του σχοινιού από το θρανίο με τη βοήθεια των βιβλίων.
- * Τρίψτε το καλαμάκι με ένα χαρτομάντιλο στη μία του άκρη.
- * Με το ίδιο χαρτομάντιλο τρίψτε τη μία άκρη από το δεύτερο καλαμάκι που έχετε μπροστά σας.
- * Πλησιάστε τις δύο άκρες μεταξύ τους.



Τι παρατηρείτε;

.....

.....

.....

β) Βήματα:

- * Τρίψτε με ένα χαρτομάντιλο τη μια άκρη από το καλαμάκι που έχετε κρεμάσει ήδη από το θρανίο.
- * Με το μάλλινο ύφασμα τρίψτε τη μια άκρη της γυάλινης ράβδου.
- * Πλησιάστε τη γυάλινη ράβδο στο καλαμάκι.



Τι παρατηρείτε;

.....

.....

.....

2. α) Βήματα:

- * Δέστε τις άκρες των μπαλονιών με ένα σχοινί.
- * Τρίψτε το πρώτο μπαλόνι στη μεριά που είναι το X με το μάλλινο ύφασμα.
- * Με το ίδιο ύφασμα τρίψτε και το δεύτερο μπαλόνι στη μεριά που είναι το X.
- * Κρατήστε τα μπαλόνια από τα σχοινιά και πλησιάστε τα.



Τι παρατηρείτε;

.....
.....
.....

β) Βήματα:

- * Τρίψτε με το μάλλινο ύφασμα το μπαλόνι στη μεριά που είναι το X.
- * Πλησιάστε το ύφασμα στο μπαλόνι στη μεριά που τρίψατε.



Τι παρατηρείτε;

.....
.....
.....

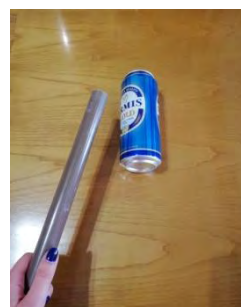
3. Βήματα:

- * Τρίψτε τη μια άκρη του πλαστικού σωλήνα με το μάλλινο ύφασμα.
- * Πλησιάστε τον σωλήνα στο τενεκεδάκι.

Τι θα συμβεί όταν πλησιάσουμε τον πλαστικό σωλήνα στο τενεκεδάκι;

Πρόβλεψη

.....
.....



Παρατήρηση

.....

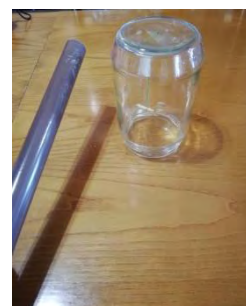
.....

.....



4. Βήματα:

- * Δέστε το σπέρτο με τη μία άκρη της κλωστής από το κέντρο του.
- * Κολλήστε με το σελοτέιπ την άλλη άκρη της κλωστής στον πάτο του βάζου.
- * Γυρίστε το βάζο ανάποδα.
- * Τρίψτε τη μια άκρη του πλαστικού σωλήνα με το μάλλινο ύφασμα.
- * Πλησιάστε τον σωλήνα στο βάζο.



Τι θα συμβεί όταν πλησιάσουμε τον πλαστικό σωλήνα στο βάζο;

Πρόβλεψη

.....

.....

Παρατήρηση

.....

.....

.....

5. Βήματα:

- * Περάστε το σύρμα μέσα από το καλαμάκι.
- * Περάστε το καλαμάκι με το σύρμα μέσα στην τρύπα του φελλού.
- * Λυγίστε τη μία άκρη του σύρματος σαν αγκίστρι και την άλλη σαν σπείρα.
- * Ανοίξτε σε κάθε αλουμινόχαρτο από μία τρύπα στο πάνω μέρος τους.
- * Περάστε τα δύο αλουμινόχαρτα, από τη μεριά του σύρματος που είναι σαν αγκίστρι.
- * Κλείστε το βάζο με το καπάκι – φελλό.



Το ηλεκτροσκόπιο είναι έτοιμο!

- * Τρίψτε τη μια μεριά του πλαστικού σωλήνα με το μάλλινο ύφασμα.
- * Πλησιάστε τον σωλήνα στη μεριά του σύρματος που μοιάζει με σπείρα.

α) Τι παρατηρείτε;

.....

.....

.....

β) Τι συμβαίνει όταν πλησιάζουμε τον πλαστικό σωλήνα στο φορτισμένο **αρνητικά** ηλεκτροσκόπιο;

Παρατήρηση

.....

.....

.....

γ) Τι συμβαίνει όταν πλησιάζουμε τον πλαστικό σωλήνα στο φορτισμένο **θετικά** ηλεκτροσκόπιο;

Παρατήρηση

.....

.....

.....

6. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

α) Υλικά: ηλεκτροσκόπιο, χάρακας, μάλλινο ύφασμα, σωλήνας

- * Τρίψτε τη μια άκρη του σωλήνα με το μάλλινο ύφασμα.
- * Ακουμπήστε τον σωλήνα στο σύρμα-σπείρα του ηλεκτροσκοπίου.
- * Τρίψτε τη μια άκρη του χάρακα με το μάλλινο ύφασμα.
- * Πλησιάστε τον χάρακα στο σύρμα-σπείρα του ηλεκτροσκοπίου.

Τι παρατηρείτε;

.....
.....
.....

Σκεφτείτε:

Πώς φορτίστηκε ο σωλήνας όταν τον τρίψατε με το ύφασμα;.....

Πώς φορτίστηκε το ηλεκτροσκόπιο όταν ακουμπήσατε σε αυτό τον σωλήνα;.....

Πώς φορτίστηκε ο χάρακας όταν τον τρίψατε με το ύφασμα;.....

β) Υλικά: ηλεκτροσκόπιο, ποτήρι, μάλλινο ύφασμα, χαρτομάντιλο, καλαμάκι

- * Τρίψτε τη μια άκρη από το καλαμάκι με το χαρτομάντιλο.
- * Ακουμπήστε το καλαμάκι στο σύρμα-σπείρα του ηλεκτροσκοπίου.
- * Τρίψτε τη μια πλευρά του ποτηριού με το μάλλινο ύφασμα.
- * Πλησιάστε το ποτήρι στο σύρμα-σπείρα του ηλεκτροσκοπίου.

Τι παρατηρείτε;

.....
.....
.....

Σκεφτείτε:

Πώς φορτίστηκε το καλαμάκι όταν το τρίψατε με το χαρτομάντιλο;.....

Πώς φορτίστηκε το ηλεκτροσκόπιο όταν ακουμπήσατε σε αυτό το καλαμάκι;.....

Πώς φορτίστηκε το ποτήρι όταν το τρίψατε με το μάλλινο ύφασμα;.....



Διδασκαλία 4^η

«Τι είναι τελικά το ηλεκτρικό ρεύμα;»

Δραστηριότητα 1

Πώς ονομάζονται τα δύο άκρα της μπαταρίας;



Δραστηριότητα 2

Τι θα συμβεί όταν ενώσω τα καλώδια με τα άκρα της μπαταρίας και το λαμπάκι; Εξήγησε με λίγα λόγια γιατί συμβαίνει αυτό.



Πρόβλεψη

.....

.....

.....

.....

Παρατήρηση

.....

.....

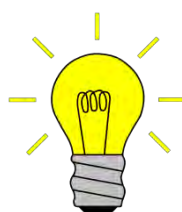
.....

.....

.....

.....

.....



Δραστηριότητα 3

Φτιάξε και εσύ με τις παρακάτω λέξεις τον κύκλο του ηλεκτρισμού:

(φορτίο, ηλεκτρον, κίνηση, ηλεκτρικό ρεύμα, ηλεκτρισμός, τριβή, φορτίζω)

«Μαθαίνουμε για τον Ηλεκτρομαγνητισμό»

Δραστηριότητα 1

Βήματα:

- * Τοποθετείστε την πυξίδα στο κέντρο του θρανίου.
- * Προσέξτε να μην υπάρχουν γύρω της μεταλλικά αντικείμενα.
- * Πλησιάστε τον μαγνήτη κοντά στην πυξίδα.

Τι παρατηρείτε;

.....

.....

.....



Δραστηριότητα 2

Βήματα:

- * Τυλίξτε το καλώδιο γύρω από την πυξίδα 4 -5 φορές, αφήνοντας λίγο καλώδιο σε κάθε άκρη.
- * Συνδέστε κάθε άκρη του καλωδίου με τις άκρες της μπαταρίας.

Τι παρατηρείτε;

.....

.....

.....

- * Αποσυνδέστε το καλώδιο από τη μία άκρη της μπαταρίας.

Τι παρατηρείτε;

.....

.....

.....

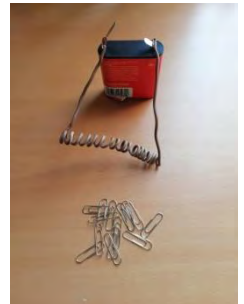




Δραστηριότητα 3

α) Βήματα:

- * Τυλίξτε το καλώδιο σφιχτά γύρω από ένα μολύβι, προσέχοντας να αφήσετε λίγο κομμάτι καλωδίου σε κάθε άκρη.
- * Βγάλτε το μολύβι μέσα από το καλώδιο.



Τι σχήμα πήρε το καλώδιο;

.....
.....

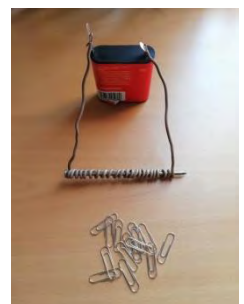
- * Τοποθετείστε τους συνδετήρες στο θρανίο σας.
- * Συνδέστε το καλώδιο – πηνίο με τις άκρες της μπαταρίας.
- * Πλησιάστε το καλώδιο - πηνίο στους συνδετήρες.

Τι παρατηρείτε;

.....
.....
.....

β) Βήματα:

- * Τυλίξτε το καλώδιο σφιχτά γύρω από το καρφί, προσέχοντας να αφήσετε λίγο κομμάτι καλωδίου σε κάθε άκρη.
- * Συνδέστε τις άκρες του καλωδίου – πηνίου με τις άκρες της μπαταρίας.
- * Πλησιάστε το καλώδιο - πηνίο στους συνδετήρες.



Τι παρατηρείτε;

.....

.....

.....

* Αποσυνδέστε το καλώδιο από τη μία άκρη της μπαταρίας.

Τι παρατηρείτε;

.....

.....

.....

γ) Τι συμβαίνει όταν πλησιάσουμε έναν μαγνήτη ή μια πυξίδα στο σύστημα πηνίο – καρφί;

Παρατήρηση

.....

.....

.....